

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра инженерной графики

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Графические задания
для практических занятий по начертательной
геометрии для студентов специальностей
1-47 02 01 «Технология полиграфических производств»,
1-40 01 02 «Информационные системы и технологии»

Студент _____

Группа _____

Факультет _____

Минск 2013

УДК 514.18+744(076.5)
ББК 22.151.3я73
Н36

Рассмотрены и рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета.

С о с т а в и т е л и :

*А. Л. Калтыгин, В. А. Бобрович,
Б. В. Войтеховский, С. В. Ращупкин*

Р е ц е н з е н т

кандидат технических наук, доцент кафедры
лесных машин и технологии лесозаготовок Белорусского
государственного технологического университета *В. А. Симанович*

Начертательная геометрия и инженерная графика : графические задания
Н36 для практических занятий по начертательной геометрии для студентов специальностей 1-47 02 01 «Технология полиграфических производств», 1-40 01 02 «Информационные системы и технологии» / А. Л. Калтыгин [и др.]. – Минск : БГТУ, 2013. – 40 с.
ISBN 978-985-530-258-3.

Графические задания содержат условия геометрических задач по основным темам курса «Начертательная геометрия» в соответствии с учебной программой по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика». В процессе работы студент выполняет необходимые построения в тетради карандашом с использованием чертежного инструмента. Для лучшего понимания и усвоения учебного материала каждый раздел содержит краткие пояснения по изучаемой теме и контрольные вопросы. В конце графических заданий приведен словарь терминов по начертательной геометрии, вызывающих наибольшие затруднения при изучении данной дисциплины. Комплекс задач позволяет получить навыки построения проекционных чертежей. Приведенные графические материалы рассчитаны на применение в учебном процессе интерактивной электронной доски.

УДК 514.18+744(076.5)
ББК 22.151.3я73

ISBN 978-985-530-258-3

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2013

ПРЕДИСЛОВИЕ

Графические задания для практических занятий по начертательной геометрии разработаны в соответствии с типовой программой «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» для технологических специальностей учреждений высшего образования.

Графические задания охватывают весь теоретический материал курса и разбиты на семь занятий. Каждое занятие рассчитано на два аудиторных часа, проводимых под руководством преподавателя. С целью получения наибольшего эффекта занятия должны проходить в аудитории с интерактивной доской. Задачи, обозначенные *, выполняются самостоятельно после практического занятия.

Прежде чем приступать к решению задач, необходимо изучить соответствующий теоретический раздел по конспекту лекций или учебному пособию, ознакомиться с решением типовых задач каждой темы курса и ответить на контрольные вопросы, приведенные в конце занятия.

Решение задач начертательной геометрии осуществляется графическим способом. Простейшей геометрической операцией, которую приходится выполнять в процессе решения, является определение точки пересечения двух линий. С учетом того, что все геометрические построения осуществляются только с помощью линейки и циркуля, линиями, точку пересечения которых следует определить, являются прямые и окружности. Таким образом, задачи любой сложности решаются путем проведения отрезков прямых и дуг окружностей (в некоторых случаях лекальных кривых) в определенной последовательности, устанавливаемой теоремами и свойствами ортогонального проецирования.

В курсе начертательной геометрии решению задач необходимо уделять особое внимание, так как это способствует более глубокому пониманию основных положений теории. Прежде чем приступать к решению той или иной геометрической задачи, надо понять ее условие и продумать схему решения, т. е. установить последовательность выполнения операций. Одновременно нужно уметь мысленно представить себе пространственное положение заданных геометрических объектов.

На начальной стадии изучения курса начертательной геометрии можно использовать вспомогательные средства для моделирования простейших геометрических объектов и их сочетаний. Здесь могут быть полезны пространственные зарисовки изучаемых моделей, а также их макеты из бумаги, пластилина и т. п. В дальнейшем нужно переходить к операциям с геометрическими образами, рассматривая уже только их проекционные изображения, не прибегая к моделям и зарисовкам.

Понимание и использование проекционных способов, разработанных в начертательной геометрии, дает возможность проектировать и получать наглядные изображения различных технологических объектов и целых комплексов.

Занятие 1

ПРОЕКЦИЯ ТОЧКИ И ПРЯМОЙ.

ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ТОЧКИ И ПРЯМОЙ.

ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ДВУХ ПРЯМЫХ

Пояснения

В основе правил построения изображений, рассматриваемых в начертательной геометрии и применяемых в черчении, лежит *метод проекций*. Проекционные чертежи должны отвечать следующим основным требованиям:

- 1) чертеж должен быть наглядным, т. е. давать пространственное представление об изображаемом предмете;
- 2) чертеж должен однозначно определять форму и положение изображаемого предмета. Это свойство чертежа называют «обратимостью»;
- 3) изображение предмета должно быть удобным для чтения размеров;
- 4) процесс построения изображения должен быть простым.

Перечисленным требованиям удовлетворяет *ортогональное проецирование*. Метод проекций предполагает наличие плоскости проекций, объекта проецирования и проецирующих лучей. Изучение метода начинают с построения проекций точки, прямой и плоскости. Решение задач данного раздела основывается на следующих *свойствах ортогонального проецирования*:

- 1) каждая точка и прямая в пространстве имеют единственную проекцию на плоскости. Точка проецируется в точку. Прямая проецируется в прямую. Если направление прямой совпадает с направлением проецирующего луча, то проекцией прямой будет точка;
- 2) если точка принадлежит прямой, то проекция точки принадлежит проекции этой прямой;
- 3) если точка на отрезке делит его длину в данном отношении, то проекция точки делит длину одноименной проекции отрезка в том же отношении;
- 4) отношение отрезков прямой равно отношению их проекций;
- 5) проекции параллельных прямых параллельны;
- 6) отношение отрезков параллельных прямых равно отношению их проекций;
- 7) проекция отрезка не может быть больше самого отрезка;
- 8) если отрезок прямой параллелен плоскости проекций, то на эту плоскость отрезок спроецируется в натуральную величину;
- 9) если одна сторона прямого угла параллельна плоскости проекций, а вторая ей не перпендикулярна, то прямой угол проецируется на эту плоскость проекций без искажений.

Прямая, не параллельная ни одной из плоскостей проекций, называется *прямой общего положения*. Прямые, параллельные одной или двум плоскостям проекций, называются *прямыми частного положения*. Остальные определения прямых даны в словаре терминов, который приведен в конце графических заданий.

Угол между прямой линией и плоскостью проекций определяется как угол между прямой и ее проекцией на эту плоскость.

Натуральная величина отрезка определяется как гипотенуза прямоугольного треугольника, одним из катетов которого является горизонтальная (фронтальная) проекция отрезка, другим – разность координат концов отрезка до горизонтальной (фронтальной) плоскости проекций.

Взаимное положение прямых.

1. *Пересекающиеся прямые*. Если прямые пересекаются, то их одноименные проекции пересекаются между собой, а проекции точек пересечения лежат на одной линии связи.

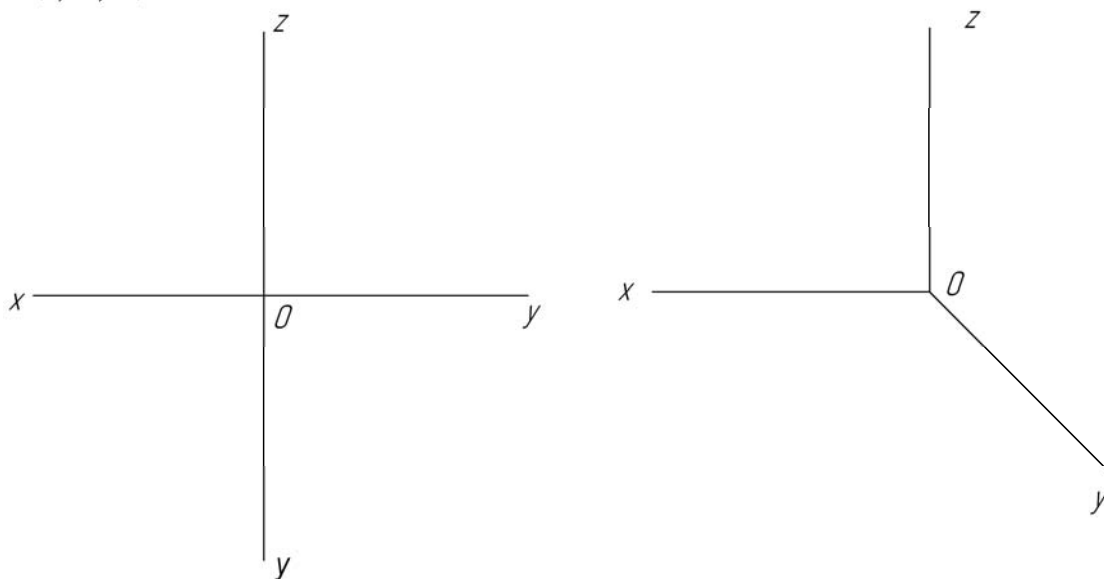
2. *Параллельные прямые.* Если в пространстве прямые параллельны, то их одноименные проекции параллельны между собой.

3. *Скрещивающиеся прямые.* Если прямые не пересекаются и не параллельны между собой, то точки пересечения их одноименных проекций не лежат на одной линии связи.

Задача 1.1

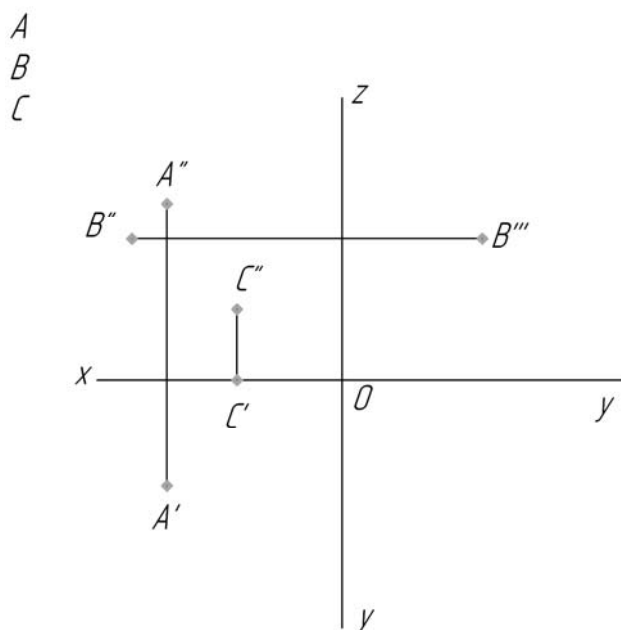
По заданным координатам точек построить их проекции и определить положение этих точек в пространстве на диметрических осях.

$A (30, 15, 25)$
 $B (25, 20, 0)$
 $C (35, 0, 10)$
 $D (0, 35, 15)$



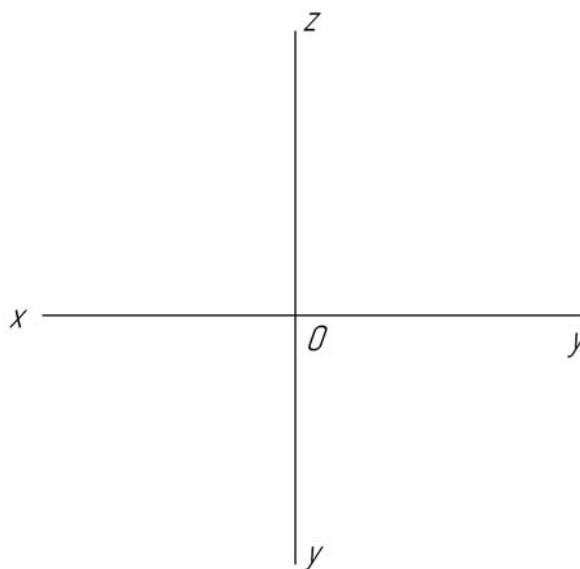
Задача 1.2

Построить недостающие проекции точек. Записать координаты точек.



Задача 1.3

Построить три проекции отрезка AB по координатам $A (30, 5, 25)$, $B (5, 25, 10)$. Поделить отрезок в отношении $1 : 3$.



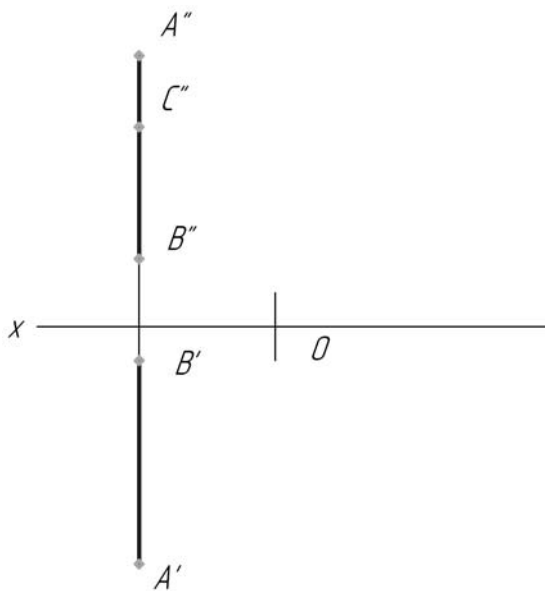
Задача 1.4

Через точку A провести фронтальную прямую под углом 45° к плоскости π_1 и отложить на ней отрезок AB длиной 45 мм. Найти на этом отрезке точку C , которая находится на расстоянии 30 мм от плоскости π_1 .



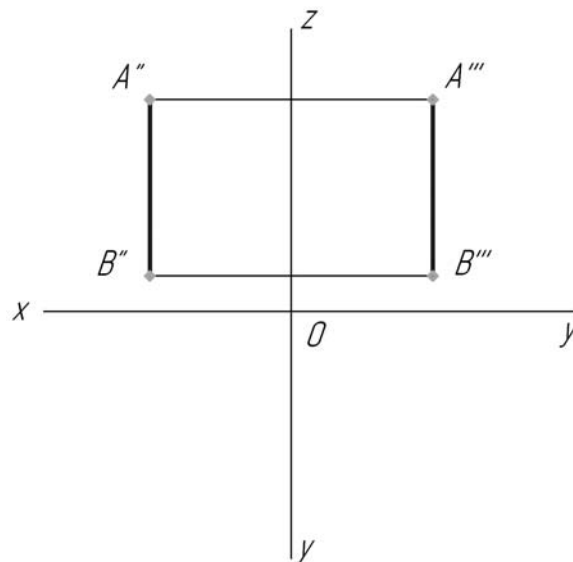
Задача 1.6

Построить горизонтальную проекцию точки C , лежащей на прямой AB .



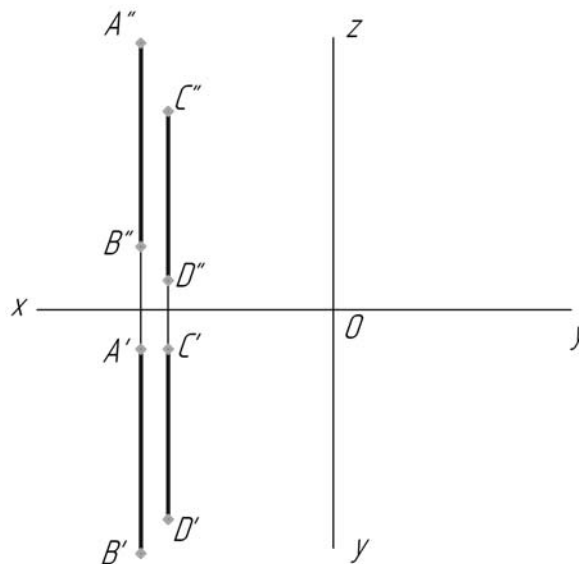
Задача 1.5

Построить горизонтальную проекцию прямой AB и записать название прямой. На прямой AB найти точку C , равноудаленную от горизонтальной π_1 и фронтальной π_2 плоскостей.



Задача 1.7

Определить взаимное положение прямых AB и CD .



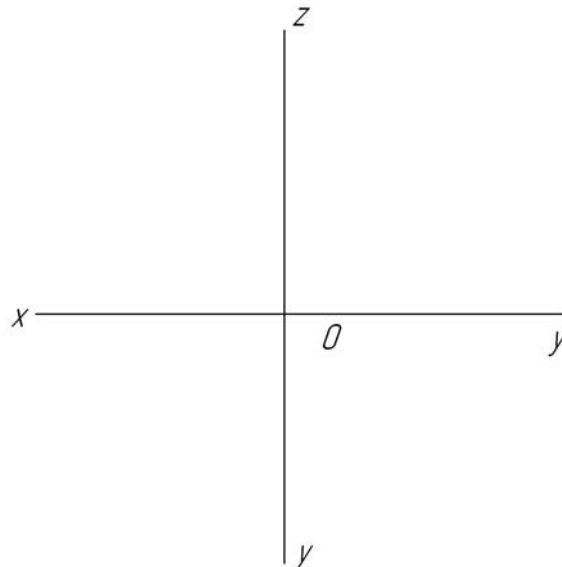
Задача 1.8

Через точку A провести горизонтальную прямую под углом 30° к плоскости π_2 и отложить на ней отрезок AB длиной 45 мм. Найти на этом отрезке точку C , которая находится на расстоянии 20 мм от плоскости π_2 .



Задача 1.9

Построить проекции точки A , удаленной от плоскостей π_1, π_2, π_3 на 30 мм.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется прямоугольной проекцией точки?
2. Как называются и обозначаются плоскости проекций?
3. Как обозначаются проекции точки?
4. Что такое координаты точки, как они называются и обозначаются?
5. Какая прямая называется прямой общего положения?
6. Какое положение может занимать прямая относительно плоскостей проекций?
7. Как определить на чертеже взаимное положение точки и прямой?
8. Какое положение в пространстве могут занимать две прямые?
9. Как располагаются на чертеже точки пересечения двух пересекающихся прямых?
10. Какой графической особенностью обладают проекции прямых, параллельных горизонтальной плоскости проекций?
11. Как располагаются на чертеже точки пересечения двух скрещивающихся прямых?
12. Какие проецирующие прямые вы знаете?

Занятие 2

ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ДВУХ ПРЯМЫХ. КОМПЛЕКСНЫЙ ЧЕРТЕЖ ПЛОСКОСТИ. ПРЯМАЯ И ТОЧКА В ПЛОСКОСТИ. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ДВУХ ПЛОСКОСТЕЙ

Пояснения

Существуют следующие способы задания плоскости на чертеже:

- 1) проекции трех точек, не лежащих на одной прямой;
- 2) проекции прямой и точки, не лежащей на прямой;
- 3) проекции пересекающихся прямых;
- 4) проекции двух параллельных прямых;
- 5) проекции плоских фигур.

Плоскость, не перпендикулярную ни одной из плоскостей проекций, называют *плоскостью общего положения*. Плоскости, перпендикулярные одной плоскости проекций, называются *проецирующими*. Плоскости, перпендикулярные двум плоскостям проекций, называются *плоскостями уровня*. Более полные определения плоскостей даны в словаре терминов.

Основными задачами, связанными с плоскостями, являются: проведение прямой в плоскости, построение недостающей проекции точки, проверка принадлежности точки плоскости.

Решение этих задач основано на следующих положениях геометрии:

- 1) прямая принадлежит плоскости, если две ее точки принадлежат этой плоскости;
- 2) прямая принадлежит плоскости, если она проходит через точку этой плоскости параллельно какой-либо прямой, лежащей в этой плоскости.

К числу прямых, занимающих особое положение в плоскости, относятся горизонтали, фронталы, профильные линии (см. словарь терминов).

Взаимное положение двух плоскостей.

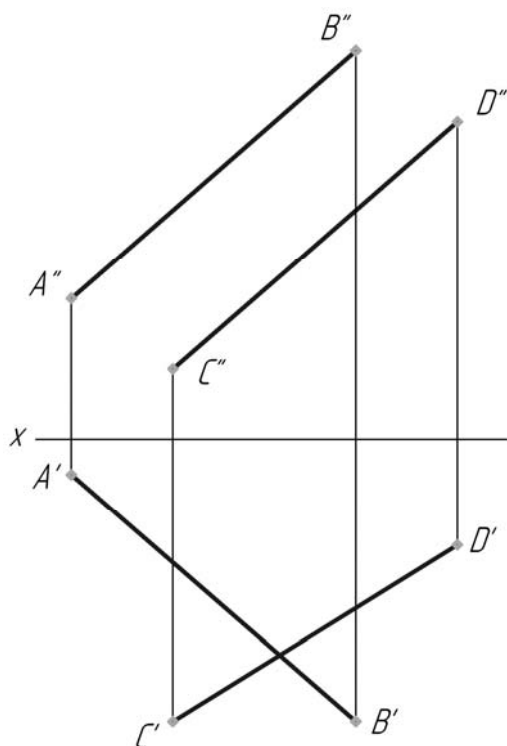
1. *Параллельные плоскости*. Плоскости параллельны, если две пересекающиеся прямые одной плоскости соответственно параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости.

2. *Две плоскости взаимно перпендикулярны*, если одна из них проходит через перпендикуляр к другой.

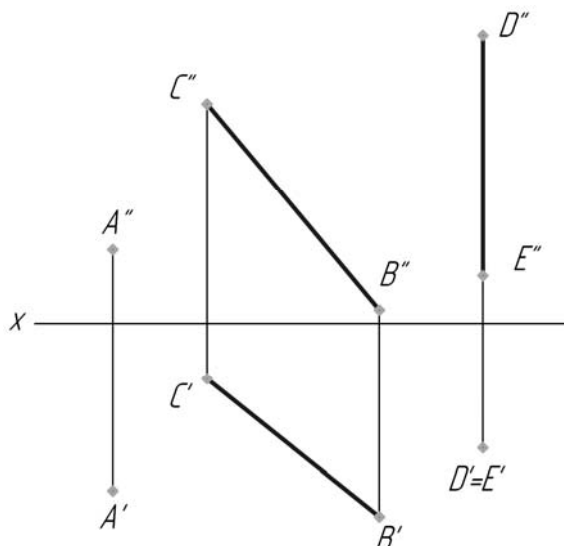
3. *Пересекающиеся плоскости*. Линией пересечения двух плоскостей является прямая, для построения которой достаточно определить две точки, принадлежащие обеим плоскостям. Для нахождения первой точки вводят вспомогательную плоскость частного положения, затем строят линии пересечения этой вспомогательной плоскости с двумя заданными и в пересечении построенных линий находят общую точку двух плоскостей. Для нахождения второй общей точки построения повторяют с помощью еще одной вспомогательной плоскости.

Задача 2.1

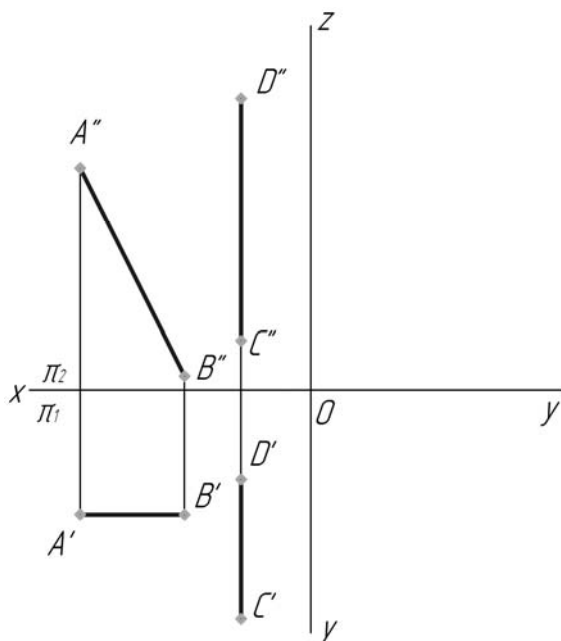
Определить взаимное положение конкурирующих точек на скрещивающихся прямых.

**Задача 2.2**

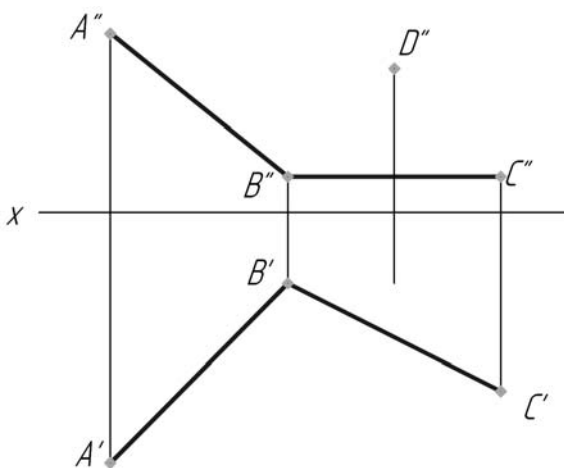
Через точку A провести прямую, которая пересекает BC и DE . Обозначить точки пересечения.

**Задача 2.3**

Пересечь прямые AB и CD горизонтальной прямой EF , находящейся на расстоянии 20 мм от плоскости π_1 .

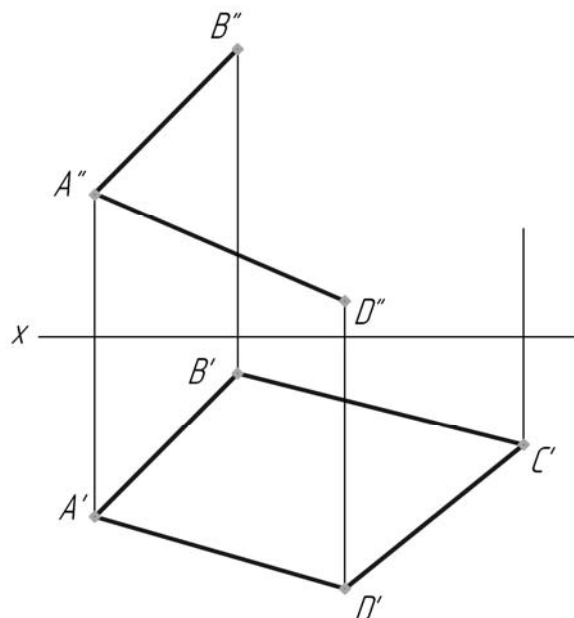
**Задача 2.4**

Построить горизонтальную проекции точки D , лежащей в плоскости, образованной пересекающимися прямыми AB и BC .

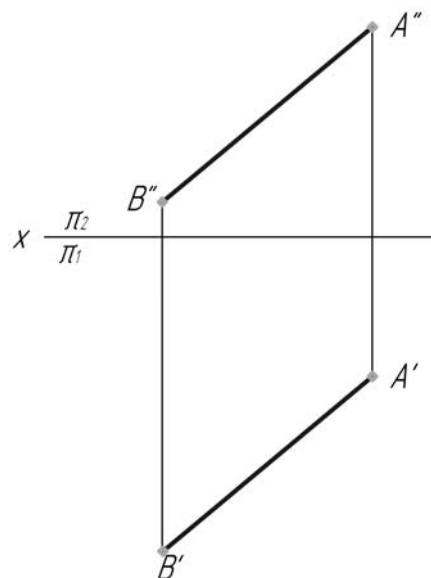


Задача 2.5

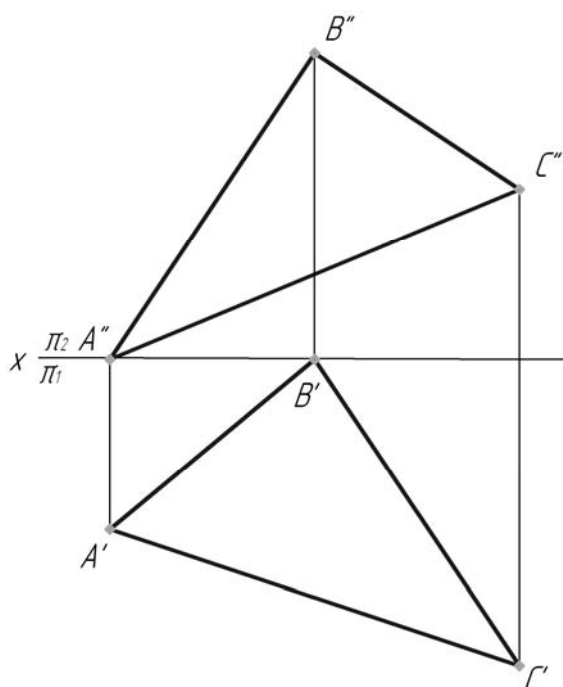
Построить фронтальную проекцию четырехугольника $ABCD$.

**Задача 2.6**

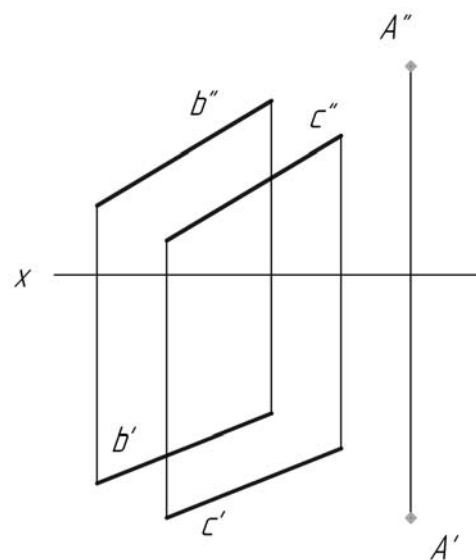
Построить прямоугольный треугольник ABC по заданному катету AB при условии, что катет AC параллелен π_1 , а вершина C принадлежит π_2 .

**Задача 2.7**

В плоскости треугольника ABC найти точку K , удаленную от π_1 на 20 мм и от π_2 на 25 мм.

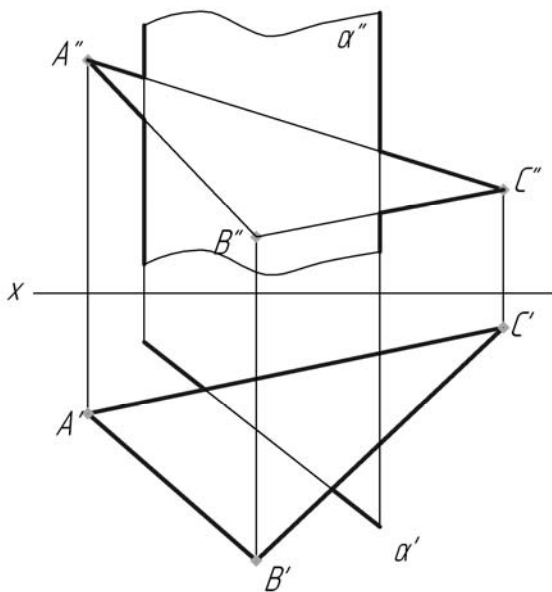
**Задача 2.8**

Через точку A провести плоскость, параллельную плоскости, заданной прямыми b и c ($b \parallel c$).



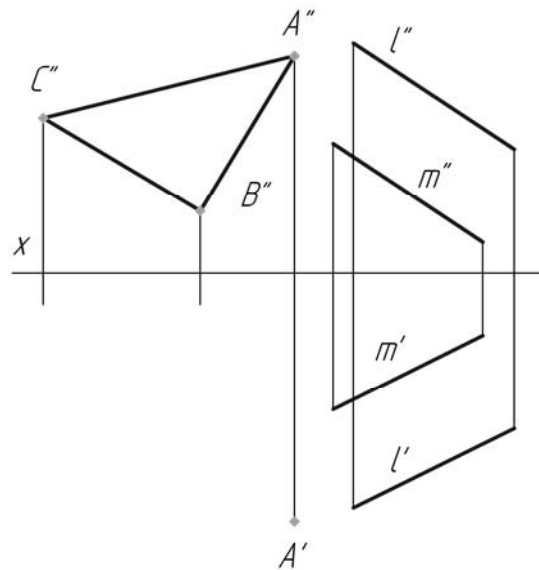
Задача 2.9

Построить проекции линии пересечения треугольника ABC горизонтально-проецирующей плоскостью α .



Задача 2.10

Построить горизонтальную проекцию треугольника ABC , параллельного заданной плоскости ($m \parallel l$).



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как можно задать плоскость на чертеже?
2. Какая плоскость называется плоскостью общего положения?
3. Какая плоскость называется проецирующей?
4. Какая плоскость называется плоскостью уровня?
5. Как построить точку в плоскости общего положения?
6. Как проверить, принадлежит ли точка плоскости?
7. Какие линии в плоскости называются горизонталями, фронталями и профильными прямыми?
8. Какие плоскости можно провести через фронтально-проецирующую прямую?
9. Можно ли провести проецирующую плоскость через прямую общего положения?
10. Как построить прямую, параллельную двум пересекающимся плоскостям?
11. Сколько вершин можно задать произвольно при построении проекций параллелограмма?

Занятие 3

ПАРАЛЛЕЛЬНОСТЬ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ. СПОСОБ ЗАМЕНЫ ПЛОСКОСТЕЙ ПРОЕКЦИЙ. СПОСОБ ВРАЩЕНИЯ. ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ

Пояснения

Параллельность прямой и плоскости: если произвольная прямая, не лежащая в плоскости, параллельна прямой, лежащей в плоскости, то она параллельна этой плоскости. Следовательно, для построения прямой, проходящей через заданную точку пространства параллельно заданной плоскости, достаточно провести прямую, параллельную любой прямой, принадлежащей плоскости.

Способ замены плоскостей проекций: на существующих плоскостях проекций строятся дополнительные плоскости проекций, расположенные *параллельно* или *перпендикулярно* заданному геометрическому объекту. При этом новая плоскость проекций обязательно должна быть перпендикулярна одной из имеющихся плоскостей проекций. В результате образуется новая система взаимно перпендикулярных плоскостей проекций, заменяющая прежнюю. Исходные объекты не меняют своего расположения в пространстве.

Для определения *натуральной величины отрезка*, занимающего общее положение, достаточно одной замены плоскостей проекций. Для определения *расстояния между двумя параллельными или скрещивающимися прямыми* необходимо ввести последовательно две новые плоскости проекций.

Способ вращения: для преобразования чертежа способом вращения необходимы следующие четыре геометрических элемента:

- ось вращения;
- плоскость вращения точки;
- центр вращения;
- радиус вращения.

В качестве оси вращения используют прямые, перпендикулярные или параллельные плоскостям проекций. При вращении точки вокруг вертикальной оси ее горизонтальная проекция перемещается по окружности, а фронтальная – параллельно оси x . Если точку вращать вокруг оси, перпендикулярной фронтальной плоскости, то ее фронтальная проекция будет перемещаться по окружности, а горизонтальная – параллельно оси x .

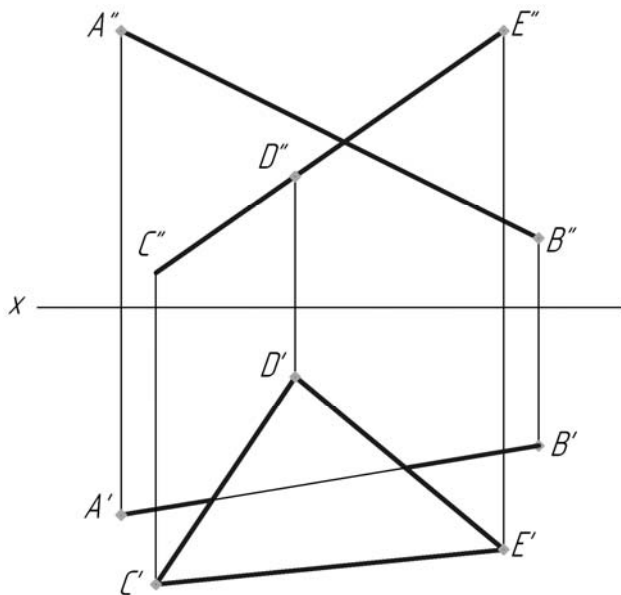
Способ плоскопараллельного перемещения: при плоскопараллельном перемещении заданная фигура движется в пространстве так, что все ее точки перемещаются в плоскостях, параллельных друг другу и параллельно одной из плоскостей проекций. Сами траектории точек фигуры произвольны. При таком движении угол наклона фигуры к плоскости проекций сохраняется неизменным. Поэтому не изменяется и проекция фигуры. Последнее свойство имеет важное значение, так как мы получаем возможность перемещать и проецировать объект в удобном для решения задач положении.

Для определения *натуральной величины плоской фигуры* (например, треугольника) необходимо выполнить два плоскопараллельных перемещения. Первое перемещение выполняется относительно прямой уровня – *фронтали* или *горизонтали*, которая располагается перпендикулярно оси x вместе с соответствующей проекцией плоской фигуры.

Для второго перемещения используется новая проекция плоской фигуры, занимающей *проецирующее* положение. Эта проекция перемещается на новое место на чертеже параллельно оси x , и по линиям связи достраивается натуральная величина фигуры.

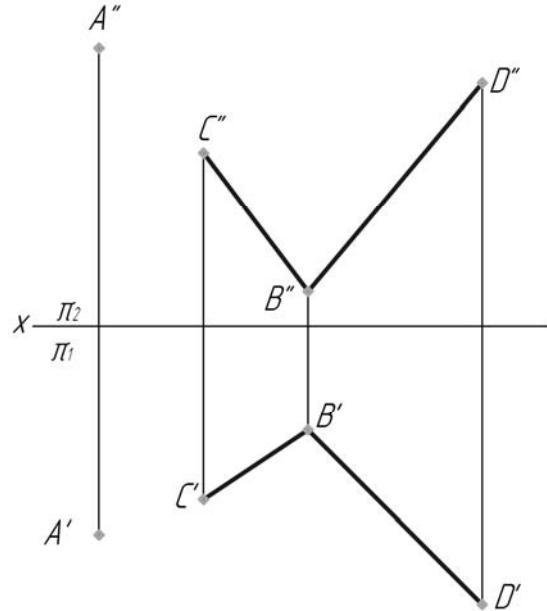
Задача 3.1

Построить точку пересечения прямой AB с плоскостью треугольником CDE .



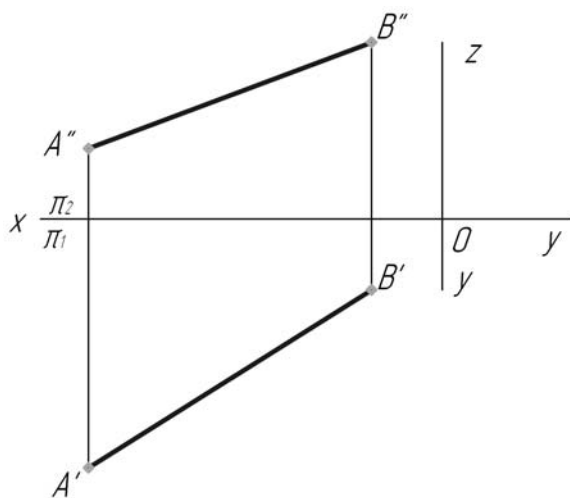
Задача 3.2

Через точку A провести прямую, параллельную плоскости π_1 и плоскости, заданной пересекающимися прямыми BC и BD .



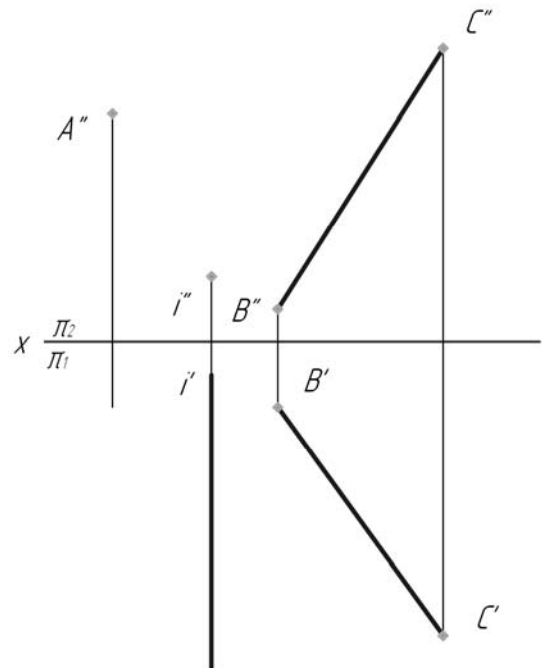
Задача 3.3

Определить натуральную величину отрезка AB и углы наклона его к плоскостям проекций способом замены плоскостей проекций.



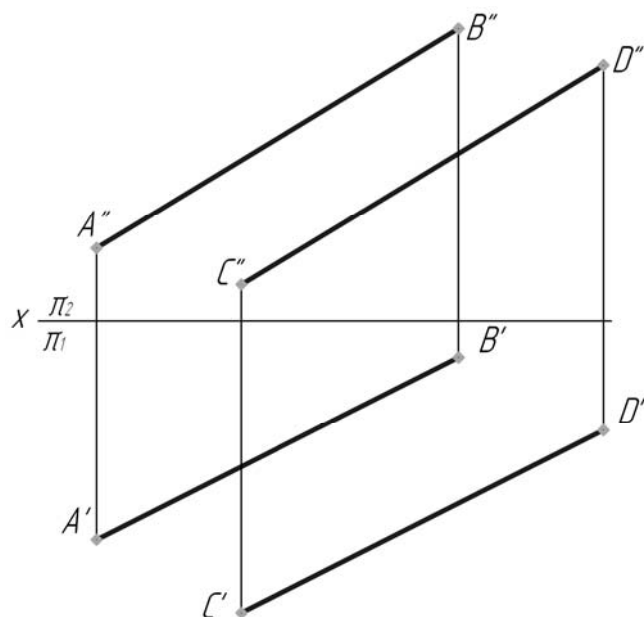
Задача 3.4

Определить горизонтальную проекцию точки A , если известно, что при вращении вокруг оси i точка будет лежать на прямой AB .



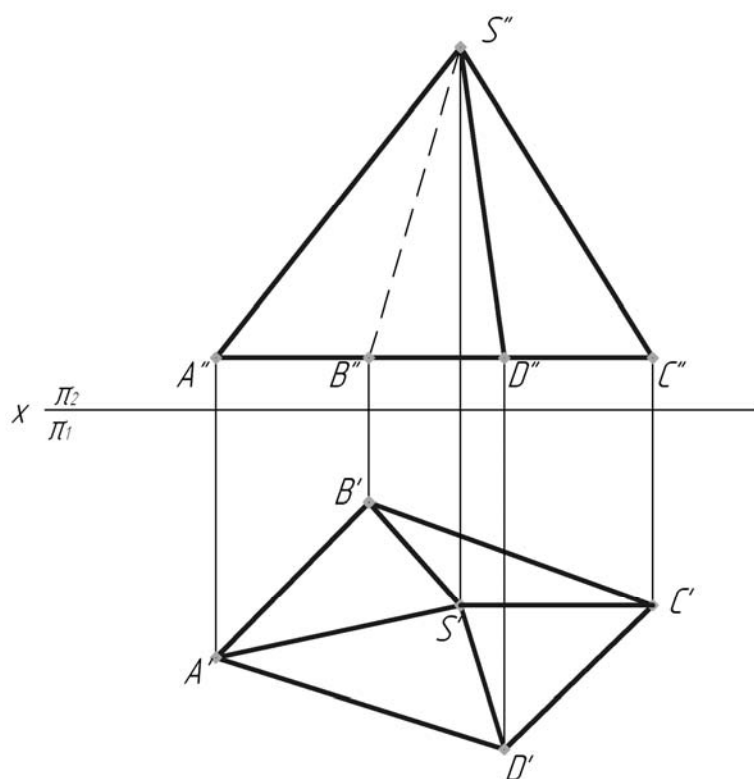
Задача 3.5

Определить расстояние между параллельными прямыми AB и CD способом замены плоскостей проекций.



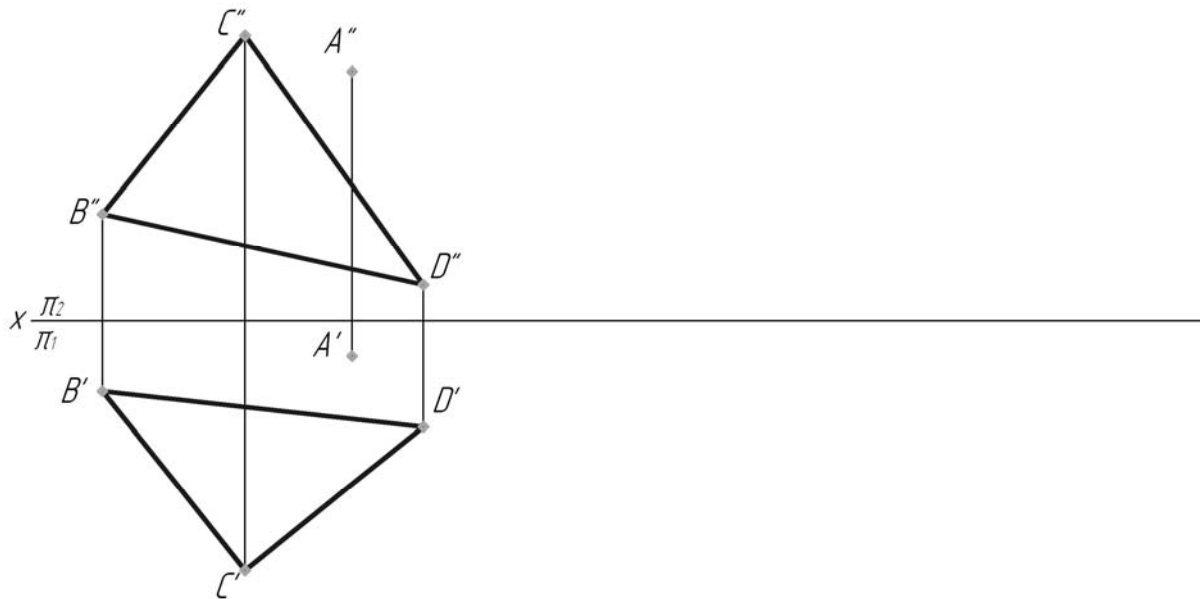
Задача 3.6

Определить натуральную величину ребер пирамиды $SABCD$ вращением вокруг проецирующих прямых.



Задача 3.7

Способом плоскопараллельного перемещения определить расстояние от точки A до плоскости треугольника BCD и натуральную величину этого треугольника.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается сущность способа замены плоскостей проекций?
2. Какое основное условие должно быть соблюдено при введении новой плоскости проекций?
3. Какая координата точки сохраняется в новой плоскости проекций?
4. Каковы исходные задачи преобразования комплексного чертежа?
5. Как перевести прямую общего положения в положение прямой уровня?
6. Как перевести прямую уровня в проецирующее положение?
7. Переведите плоскость общего положения в положение плоскости уровня.
8. В чем заключается основное отличие способа вращения от способа перемены плоскостей проекций?
9. Как размещаются плоскости вращения точки относительно оси вращения?
10. Поясните сущность способа плоскопараллельного перемещения.
11. Какое основное условие должно быть соблюдено при плоскопараллельном перемещении фигуры?

Занятие 4

МНОГОГРАННИКИ. ЛИНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ МНОГОГРАННИКА. СЕЧЕНИЕ МНОГОГРАННИКОВ ПЛОСКОСТЯМИ. РАЗВЕРТКА МНОГОГРАННИКОВ

Пояснения

Многогранники – замкнутые пространственные фигуры, ограниченные плоскими многоугольниками, называемыми *гранями* многогранника. Общие стороны многоугольников называются *ребрами*. Построение чертежей многогранников сводится к построению проекций точек – вершин и отрезков прямых – ребер.

Призма – многогранник, две грани которого представляют собой равные многоугольники (основания). Ребра, не принадлежащие основаниям и параллельные друг другу, называют *боковыми*.

Пирамида – многогранник, одна грань которого – плоский n -угольник (основание), а остальные грани являются треугольниками с общей вершиной.

Многогранник называют *правильным*, если его грани представляют собой правильные и равные многоугольники.

Грани многогранника представляют собой плоскости. Поэтому построение точек и прямых на поверхности многогранника сводится к построению точек и прямых линий на плоскости.

Точки на гранях призмы и пирамиды строятся при помощи вспомогательных прямых, принадлежащих соответствующим плоскостям граней.

Пересечение многогранников плоскостью: при пересечении многогранника плоскостью в сечении получается плоская фигура – многоугольник, ограниченный линиями пересечения секущей плоскости с гранями призмы или пирамиды. Вершинами этого многоугольника являются точки пересечения прямых (ребер многогранника) с плоскостью.

Разверткой поверхности многогранника называется плоская фигура, полученная при совмещении с плоскостью всех его граней. Для построения развертки гранной поверхности необходимо определить истинные размеры ее граней.

Развертка призматической поверхности выполняется двумя способами: нормального сечения и треугольников. При способе *нормального сечения* построение развертки выполняется в следующей последовательности:

- призматическая поверхность пересекается вспомогательной плоскостью, перпендикулярной ее ребрам (нормальное сечение);
- полученная в сечении ломаная линия разворачивается в прямую;
- на перпендикулярах к развернутой линии откладываются длины ребер призматической поверхности. Концы отрезков соединяются прямыми линиями.

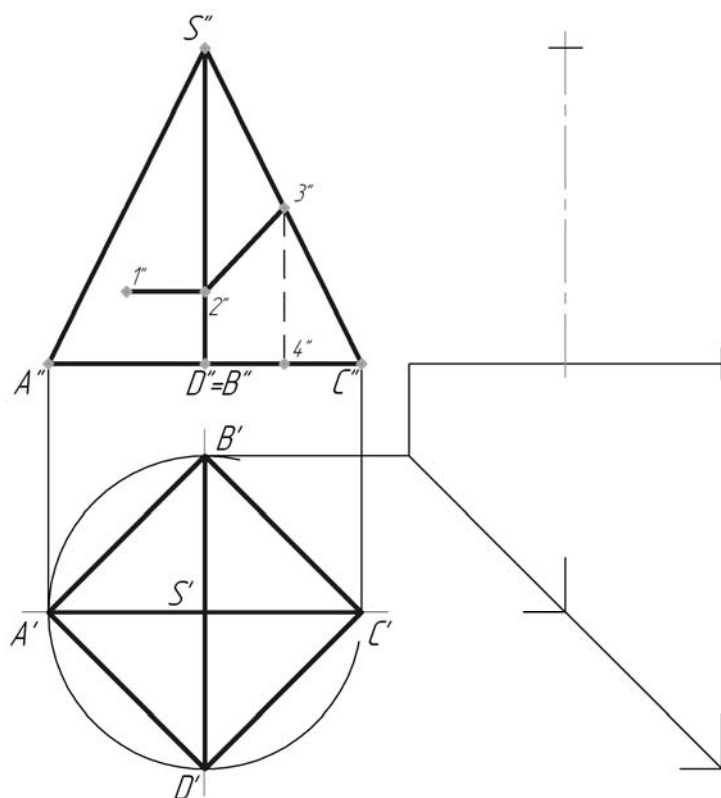
Развертка поверхности пирамиды выполняется в следующей последовательности:

- определяют натуральную величину ребер и сторон основания пирамиды;
- по найденным трем сторонам строят одну из боковых граней пирамиды, затем последовательно пристраивают к ней остальные грани-треугольники;
- достраивают основание пирамиды.

При построении *развертки поверхности пирамиды, усеченной плоскостями*, дополнительно определяется натуральная величина положения точек пересечения на ребрах пирамиды. Полученные точки переносятся на развертку на соответствующие ребра и соединяются отрезками прямых линий.

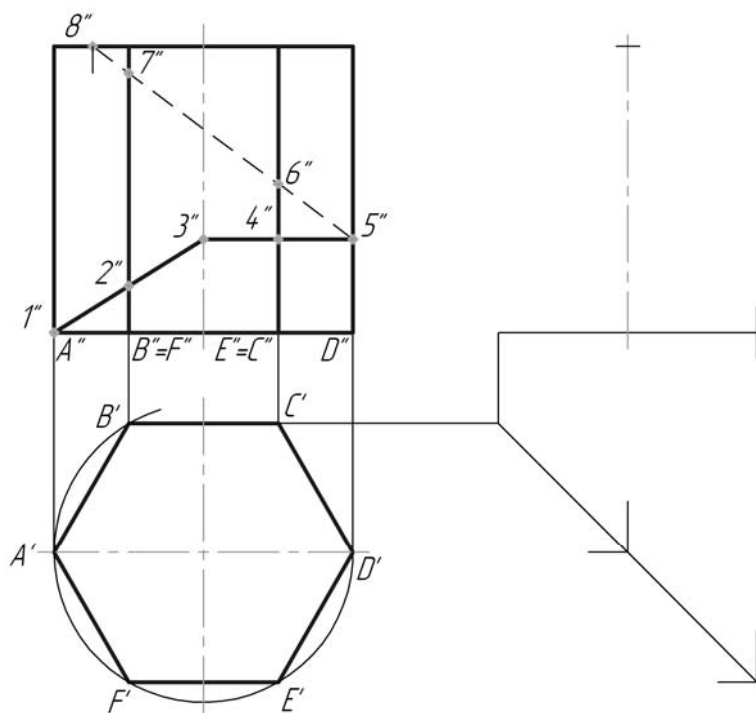
Задача 4.1

Построить три проекции геометрической фигуры и линии на ее поверхности.



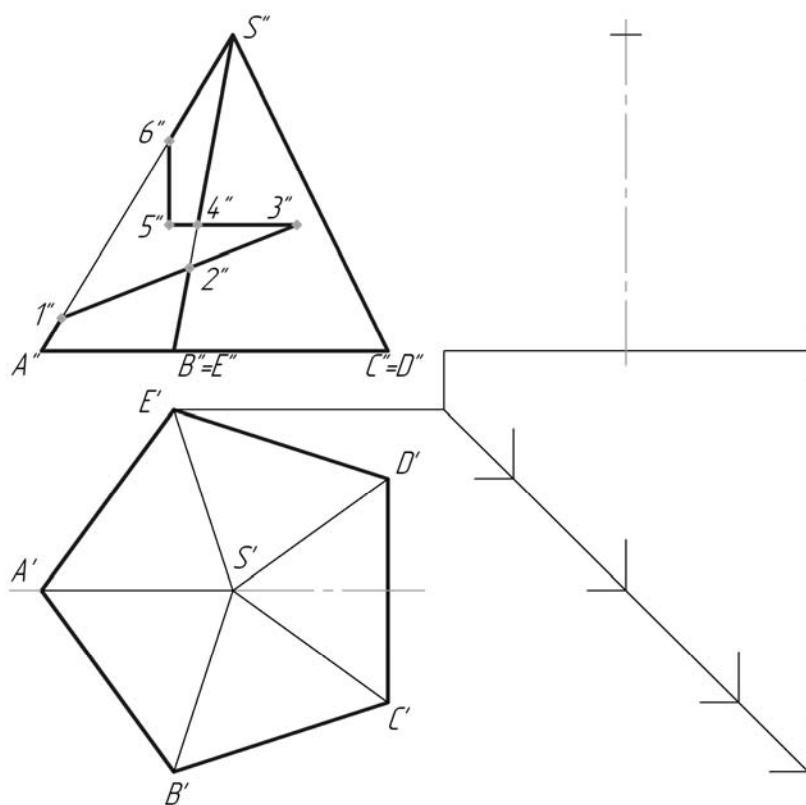
Задача 4.2

Построить три проекции геометрической фигуры и линии на ее поверхности.



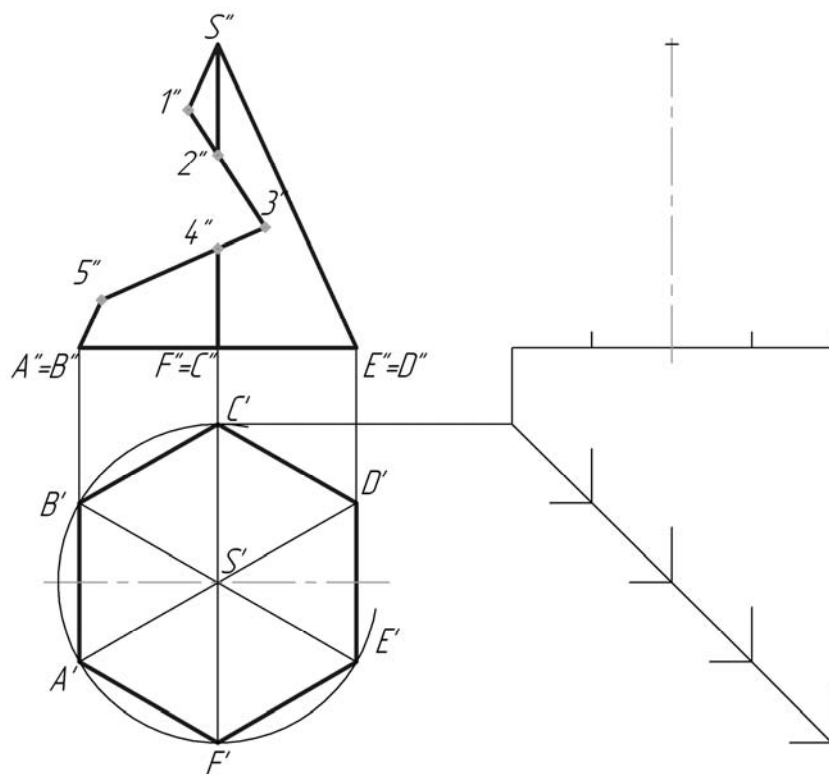
Задача 4.3

Построить горизонтальную и профильную проекции усеченной пирамиды.



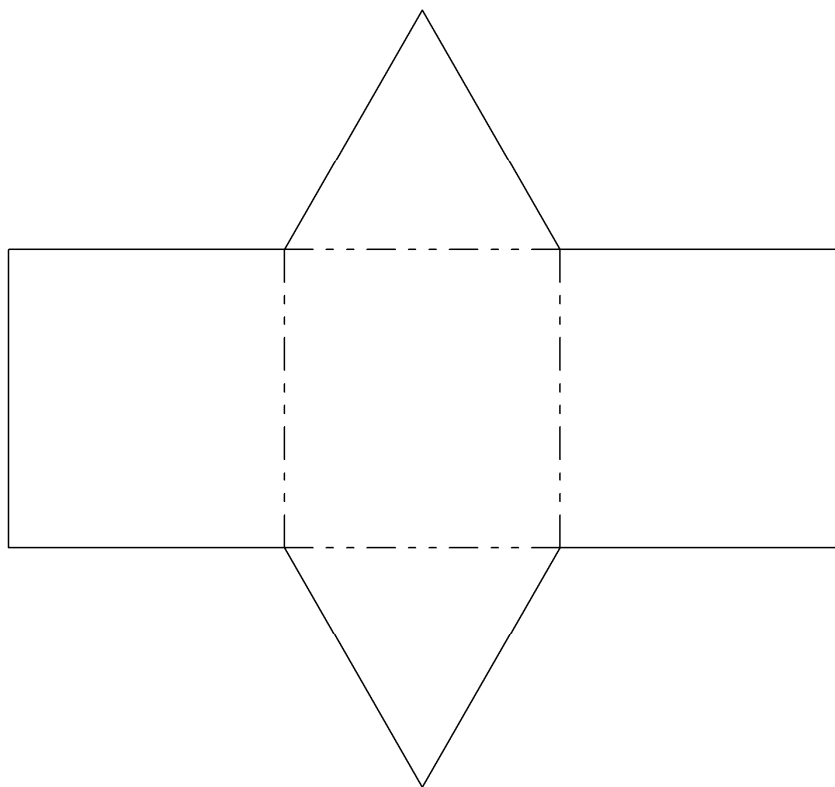
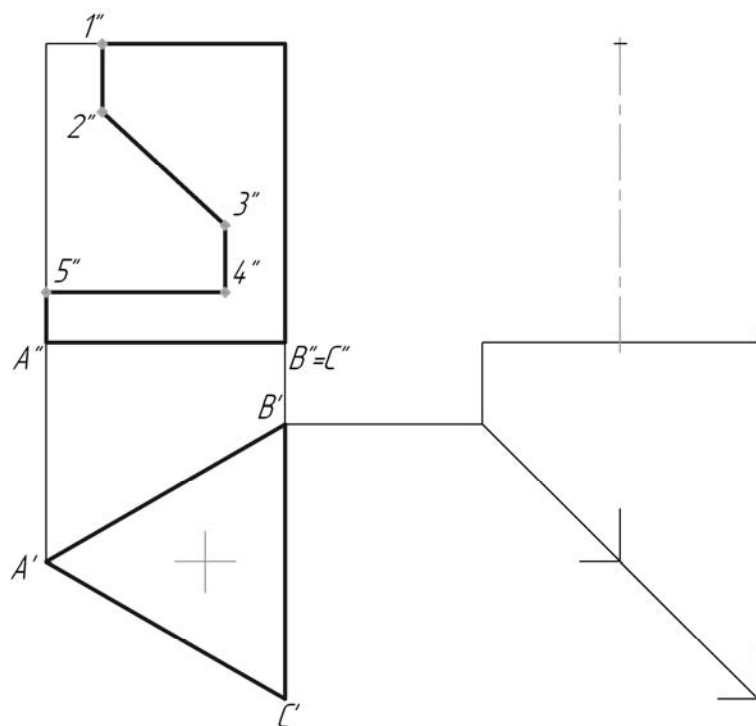
Задача 4.4

Построить горизонтальную и профильную проекции усеченной пирамиды. Определить натуральную величину фигуры сечения плоскостями. Построить развертку боковой поверхности усеченной пирамиды.



Задача 4.5

Построить горизонтальную и профильную проекции усеченной призмы. Определить натуральную величину фигуры сечения плоскостями. Построить развертку боковой поверхности усеченной призмы.



? **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- ? 1. Какая фигура называется многогранником?
- ? 2. Дайте определения призмы, пирамиды, правильного многогранника.
- ? 3. Как определить недостающую проекцию точки на поверхности многогранника?
- ? 4. Что представляет собой сечение многогранника плоскостью?
- ? 5. В чем различие способа ребер и способа граней?
- ? 6. Как используется способ перемены плоскостей проекций при построении сечения многогранника плоскостью?
- ? 7. Что называется разверткой поверхности многогранника?
- ? 8. Разверткой какого правильного многогранника может быть равносторонний треугольник?

Занятие 5

ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ.

ЛИНИИ НА ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ. СЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ ПЛОСКОСТЯМИ. РАЗВЕРТКА ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ

Пояснения

Поверхностью вращения называется поверхность, получающаяся от вращения прямой или криволинейной *образующей* линии вокруг неподвижной прямой – *оси поверхности*. Каждая точка образующей описывает при своем вращении окружность с центром на оси поверхности.

Цилиндр вращения образуется вращением прямой вокруг параллельной ей оси поверхности. Все точки образующей описывают окружности (параллели), равные окружностям оснований цилиндра.

Конус вращения образуется вращением прямой вокруг пересекающейся с ней оси поверхности. Все точки образующей описывают окружности различных радиусов. Величина радиуса изменяется от нуля до радиуса окружности основания конуса.

Сфера образуется вращением окружности вокруг ее диаметра. Точки образующей линии исходной окружности описывают окружности переменных радиусов. Точка наибольшего радиуса описывает окружность, называемую *экватором*.

Точка принадлежит поверхности вращения, если она находится на линии, принадлежащей этой поверхности. Положение точки на поверхности вращения определяют с помощью окружности, проходящей через эту точку. В качестве таких линий могут быть выбраны образующие, параллели, меридианы и др.

Линия на поверхности вращения: для построения кривой линии на поверхности цилиндра, конуса, сферы находят сначала проекции ее отдельных точек, которые затем соединяются с помощью лекала. Построение проекций линий на поверхностях вращения может быть выполнено при помощи окружностей – параллелей, проходящих через точки, принадлежащие этой линии.

Линия пересечения поверхности вращения с плоскостью представляет собой плоскую кривую, которая может распадаться и на прямые линии в случае пересечения поверхности по ее образующим.

Для построения линии пересечения на чертеже находят проекции ее отдельных точек. Предварительно выбирают точки, которые занимают особое положение на кривой, – *характерные*. К ним относятся высшие и низшие, ближние и дальние, а также точки, расположенные на крайних образующих (точки видимости) и др.

Для нахождения точек линии пересечения применяются *вспомогательные секущие плоскости* (проецирующие или плоскости уровня). Вспомогательные плоскости выбирают так, чтобы в пересечении с кривой поверхностью получались простейшие линии – прямые и окружности.

При пересечении плоскостью *цилиндрической* поверхности в сечении могут получаться либо две образующие, либо окружность, либо эллипс. Форма сечения зависит от положения секущей плоскости.

При пересечении *конической* поверхности вращения плоскостью получают замкнутые кривые – окружности и эллипсы, незамкнутые кривые – параболы и гиперболы; при прохождении секущей плоскости через вершину конуса в сечении получают прямые линии.

Для построения кривой линии, получаемой при пересечении конической поверхности плоскостью, в общем случае находят точки пересечения образующих конической поверхности с секущей плоскостью.

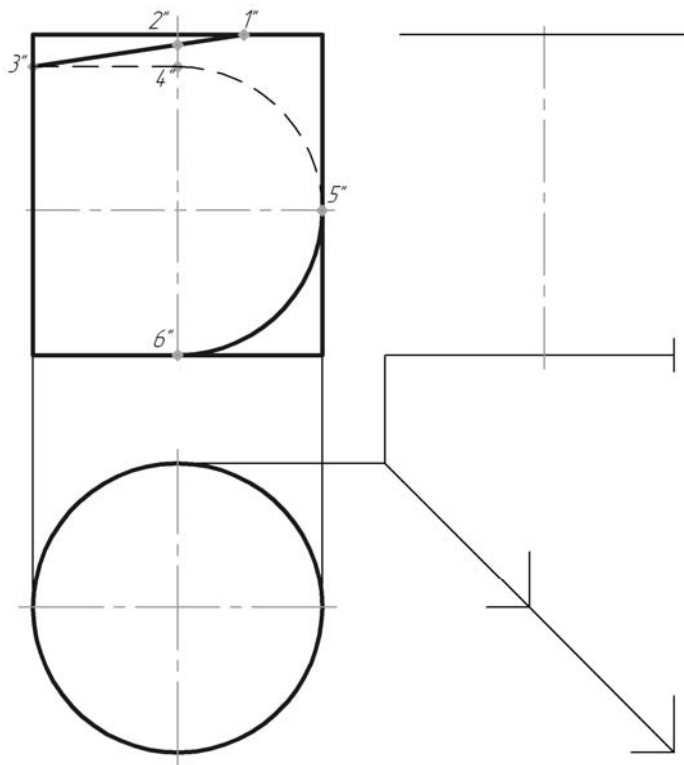
При пересечении *сферы* плоскостью всегда получается окружность, которая в зависимости от положения секущей плоскости по отношению к плоскостям проекций проецируется в виде прямой, в виде эллипса или в виде окружности.

Развертка цилиндрической поверхности выполняется аналогично развертке призмы. Предварительно в заданный цилиндр вписывают n -угольную призму. Параллельность образующих цилиндра плоскости π_2 делает возможным выполнить развертку без дополнительного преобразования проекций. Для построения на развертке линии среза используют образующие вписанной призмы. На этих образующих отмечают высоту до точек кривой линии среза (фронтальная проекция), затем полученные на развертке точки соединяют плавной линией.

Развертка конической поверхности выполняется аналогично развертке пирамиды в следующем порядке. Сначала в заданный конус вписывают n -угольную пирамиду. Затем строят развертку боковой поверхности вписанной пирамиды. Соединив концы ребер плавной кривой, получают приближенную развертку боковой поверхности конуса. Предварительно необходимо найти натуральную величину боковых ребер вписанной пирамиды (например, способом вращения). Для построения на развертке линии среза используют образующие вписанной пирамиды. На этих образующих отмечают натуральную величину высот до точек кривой линии среза (фронтальная проекция), затем полученные на развертке точки соединяют плавной линией.

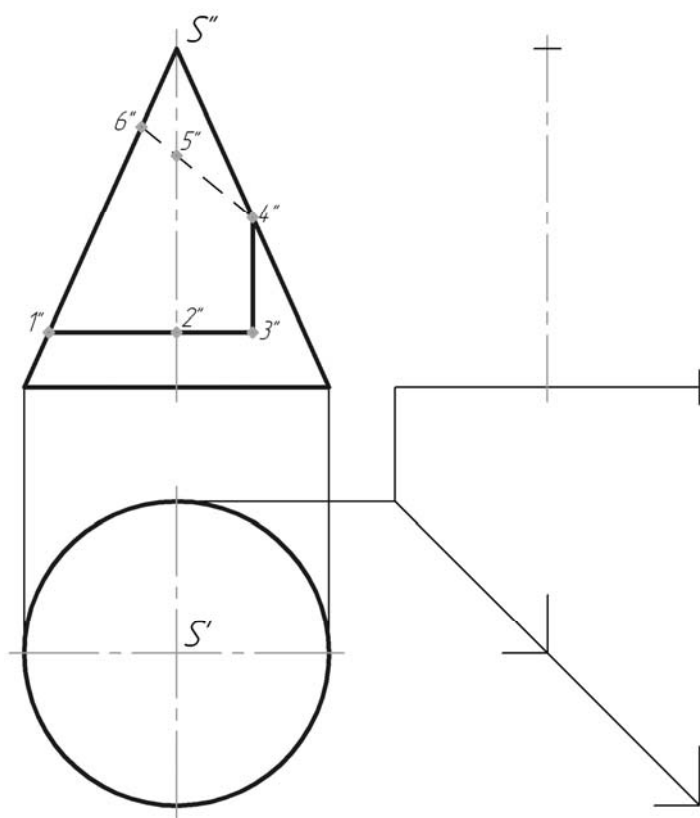
Задача 5.1

Построить три проекции геометрической фигуры и линии на ее поверхности.



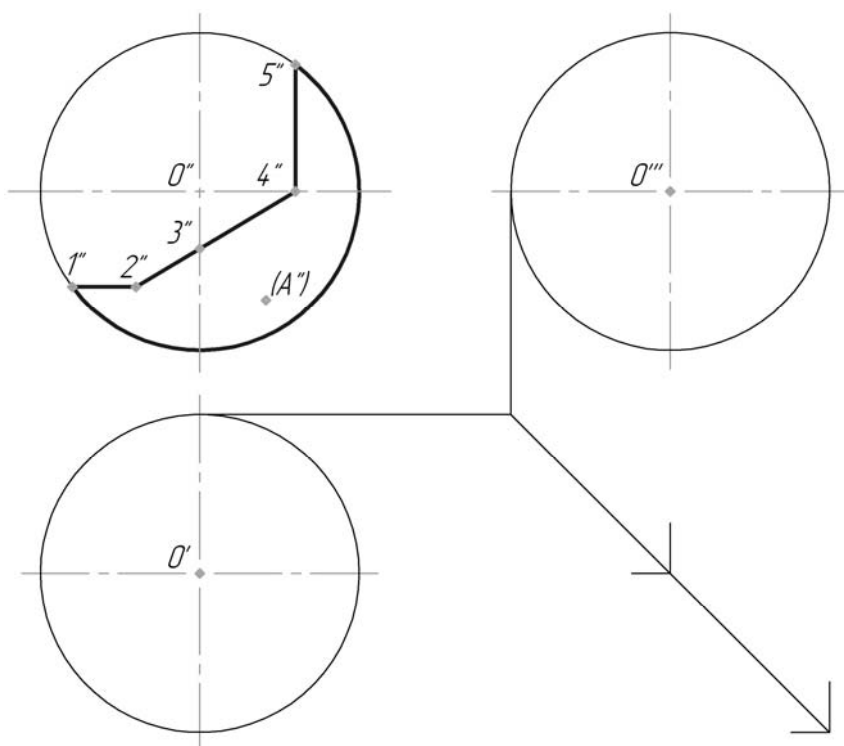
Задача 5.2

Построить три проекции геометрической фигуры и линии на ее поверхности.



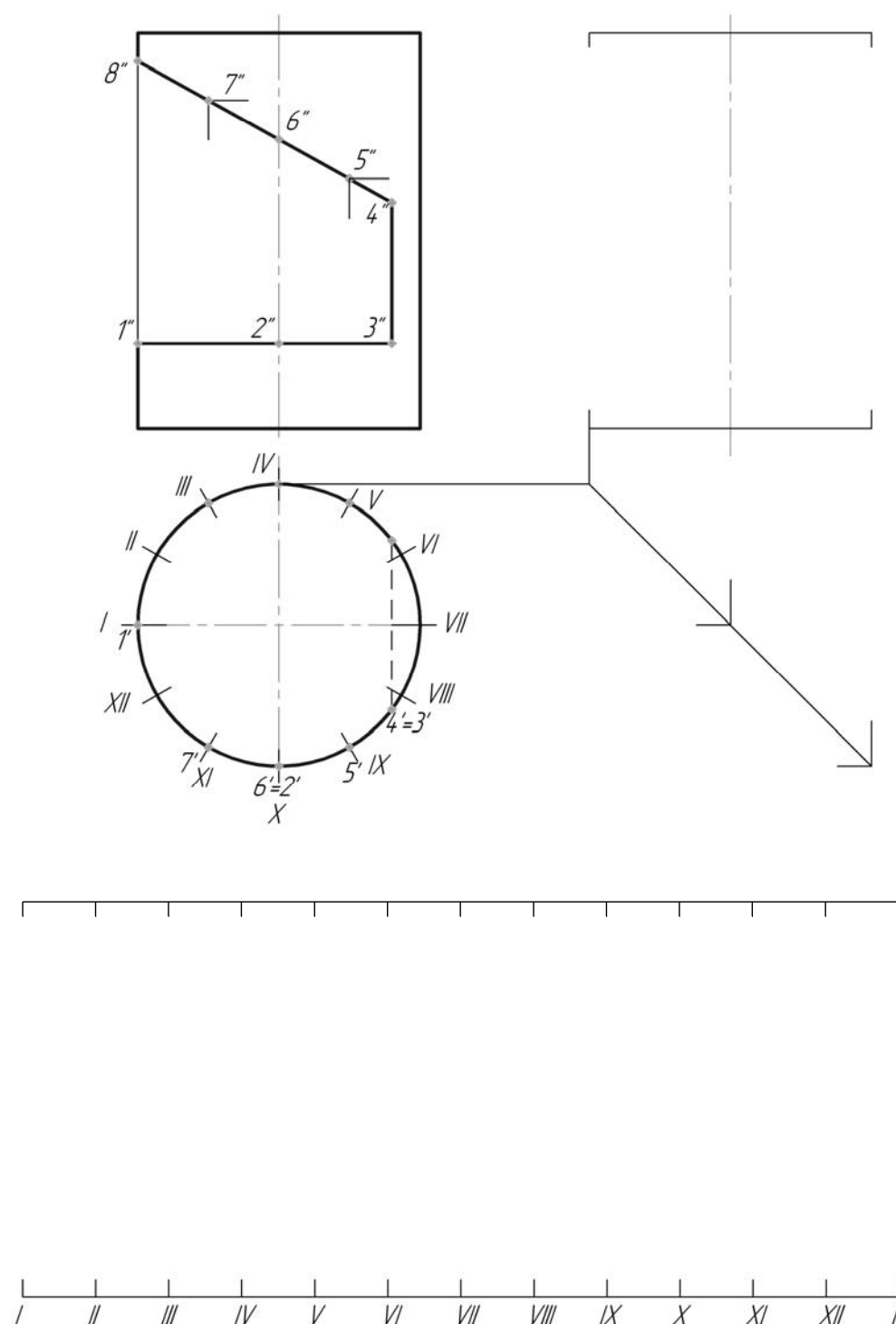
Задача 5.3

Построить горизонтальную и профильную проекции усеченной сферы. Построить горизонтальную и профильную проекции точки A .



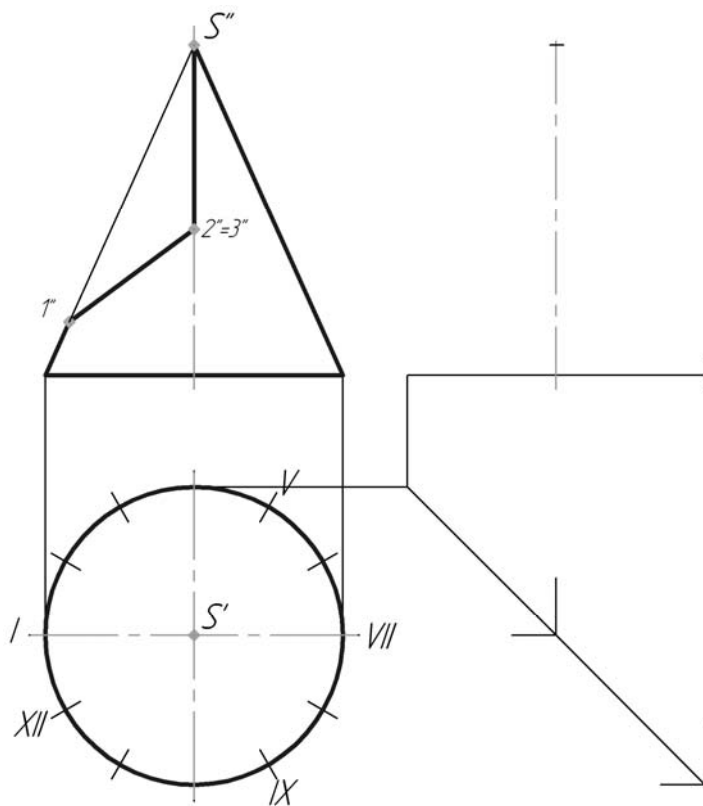
Задача 5.4

Построить профильную проекцию усеченного цилиндра. Определить натуральную величину фигуры сечения плоскостями. Построить развертку боковой поверхности усеченного цилиндра.



Задача 5.5

Построить горизонтальную и профильную проекции усеченного конуса. Определить натуральную величину фигуры сечения плоскостями. Построить развертку боковой поверхности усеченного конуса.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите поверхности вращения.
2. Какие линии получаются при пересечении цилиндра вращения плоскостями?
3. В каком случае плоскость пересекает коническую поверхность по треугольнику?
4. Какие кривые получаются при пересечении конуса вращения плоскостями?
5. В чем заключается общий прием построения кривой линии, которая получается при пересечении конической поверхности плоскостями?
6. Какая линия получается при пересечении сферы плоскостью и что представляют собой проекции этой линии?
7. Из каких элементов состоит развертка боковой поверхности:
 - а) цилиндра вращения;
 - б) конуса вращения?
8. В чем сущность приближенной развертки цилиндра и конуса?

Занятие 6

ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПРЯМОЙ ЛИНИИ С МНОГОГРАННИКАМИ И ПОВЕРХНОСТЯМИ ВРАЩЕНИЯ. ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Пояснения

Общий способ построения точек пересечения прямой линии с поверхностями:

- 1) через данную прямую проводят вспомогательную плоскость;
- 2) строят линию пересечения поверхности вспомогательной плоскостью;
- 3) определяют искомые точки пересечения построенной линии с заданной прямой;
- 4) определяют видимость участков прямой линии.

В качестве вспомогательной плоскости выбирают проецирующую плоскость, проходящую через заданную прямую. При пересечении вспомогательной плоскостью поверхности многогранника в сечении образуется ломаная линия, представляющая собой отрезки, по которым плоскость пересекает боковые грани.

Для построения точек пересечения *прямой с поверхностью прямого кругового цилиндра* следует выбирать секущую плоскость, проходящую по прямым – образующим, параллельным оси.

Для построения точек пересечения *прямой с поверхностью прямого кругового конуса* следует выбирать плоскость, проходящую через вершину конуса и заданную прямую, либо плоскость, параллельную основанию конуса и проходящую через заданную прямую.

При построении *линии пересечения многогранников* применяют два способа и их комбинации.

1. Строят точки пересечения ребер одного многогранника с гранями другого и ребер второго с гранями первого. Через построенные точки в определенной последовательности проводят ломаную линию пересечения данных многогранников.

2. Строят отрезки прямых, по которым грани одной поверхности пересекают грани другой. Эти отрезки являются частями ломаной линии пересечения многогранных поверхностей между собой.

Линия пересечения поверхностей вращения представляет собой кривую, которая строится по точкам. Для нахождения их на линии пересечения используют метод секущих плоскостей, который заключается в следующем:

– на одной из проекций заданных пересекающихся поверхностей намечают точку на линии пересечения или ее примерное положение;

– через эту точку проводят секущую плоскость (перпендикулярно или параллельно плоскостям проекций), которая пересекает обе заданные поверхности по простейшим линиям (окружностям, прямым);

– отмечают точки пересечения полученных линий;

– выбирают следующую точку на линии пересечения, проводят очередную секущую плоскость и получают новые точки на линии пересечения;

– повторяют приведенные выше операции несколько раз;

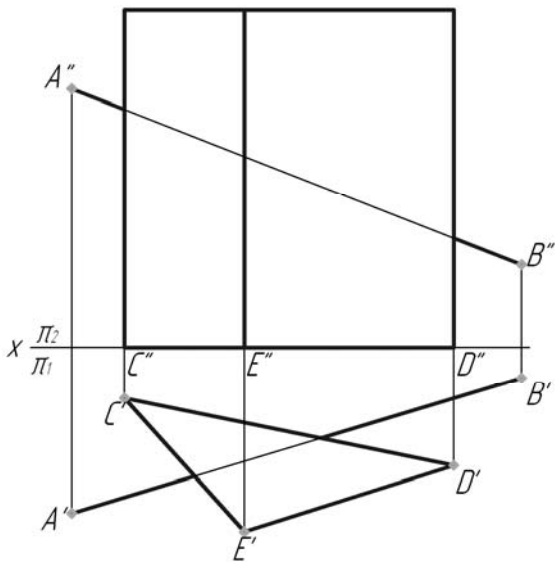
– полученные точки соединяют плавной линией.

Построение линии пересечения начинают с выбора *характерных* точек.

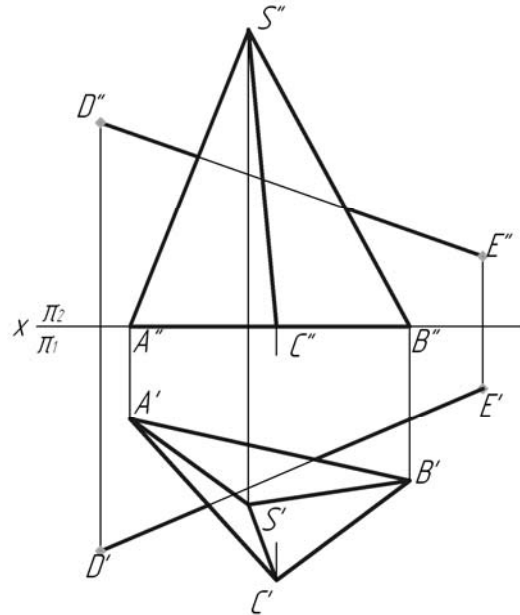
Линия пересечения многогранника с телом вращения состоит из отдельных участков кривых линий, получающихся при пересечении граней многогранника с поверхностью вращения. Точки перехода от одного участка к другому находятся в пересечении ребер многогранника с телом

При построении точек линии пересечения многогранников с телами вращения используют вспомогательные секущие плоскости. Их располагают так, чтобы они пересекали данные поверхности по простым для построения линиям (прямым или окружностям).

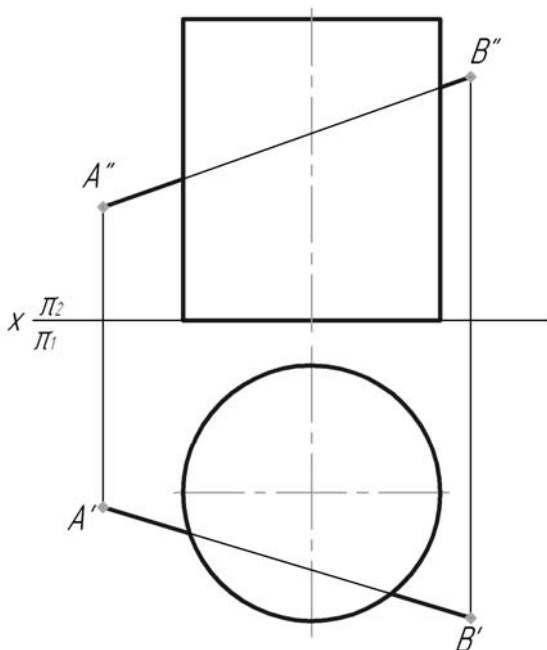
Построить точки пересечения прямой AB с поверхностью призмы.



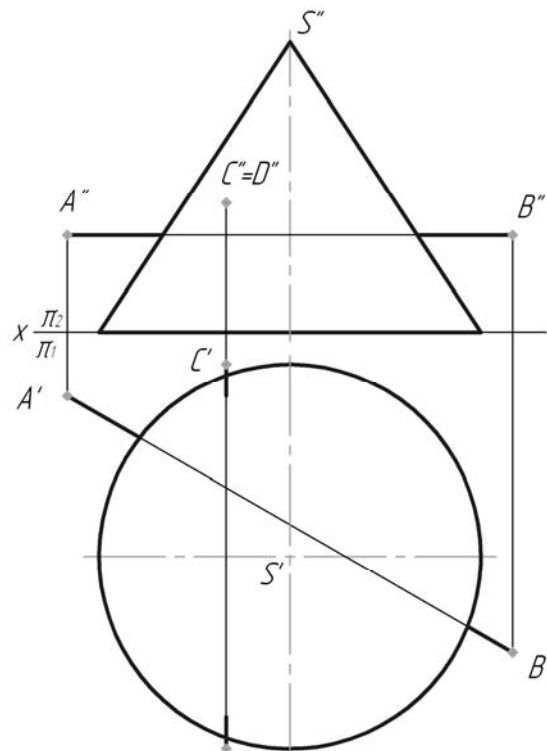
Построить точки пересечения прямой DE с поверхностью пирамиды $SABC$.



Построить точки пересечения прямой AB с поверхностью цилиндра.

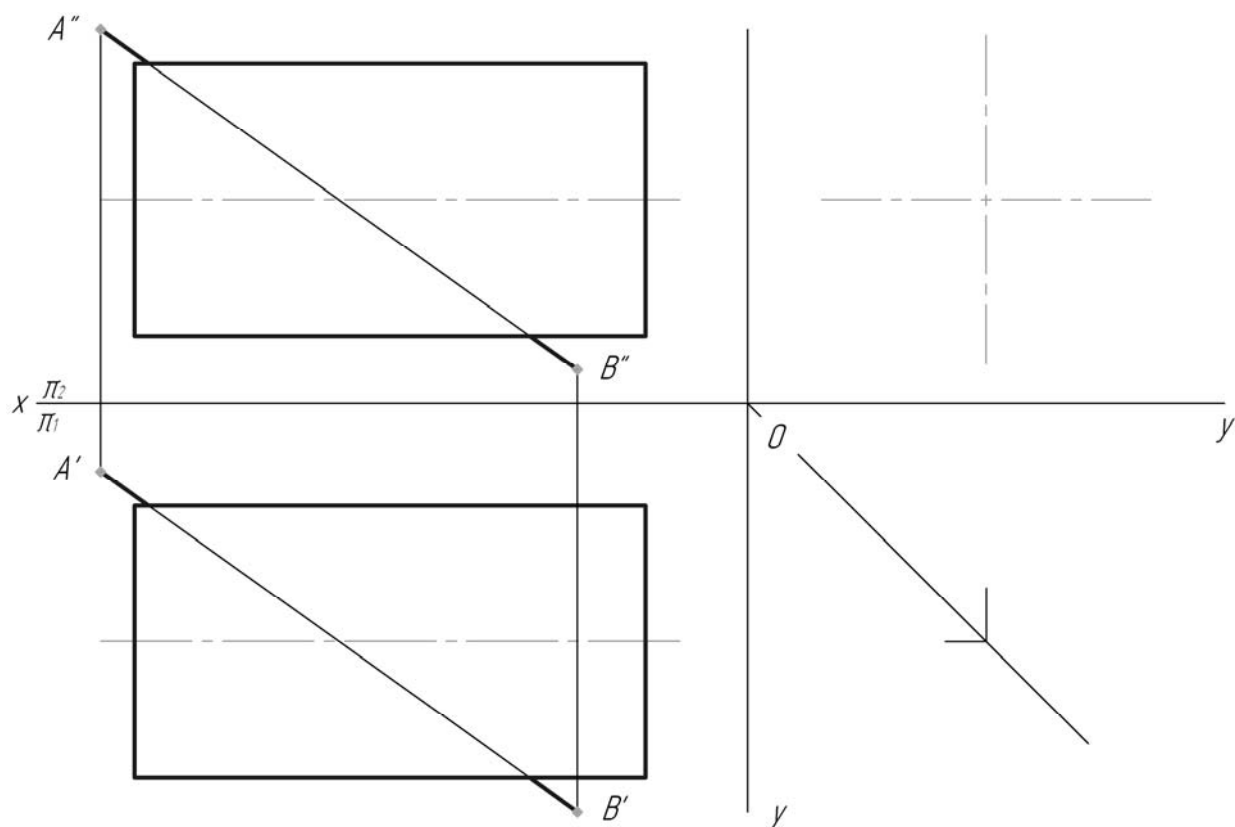


Построить точки пересечения прямых AB и CD с поверхностью конуса.



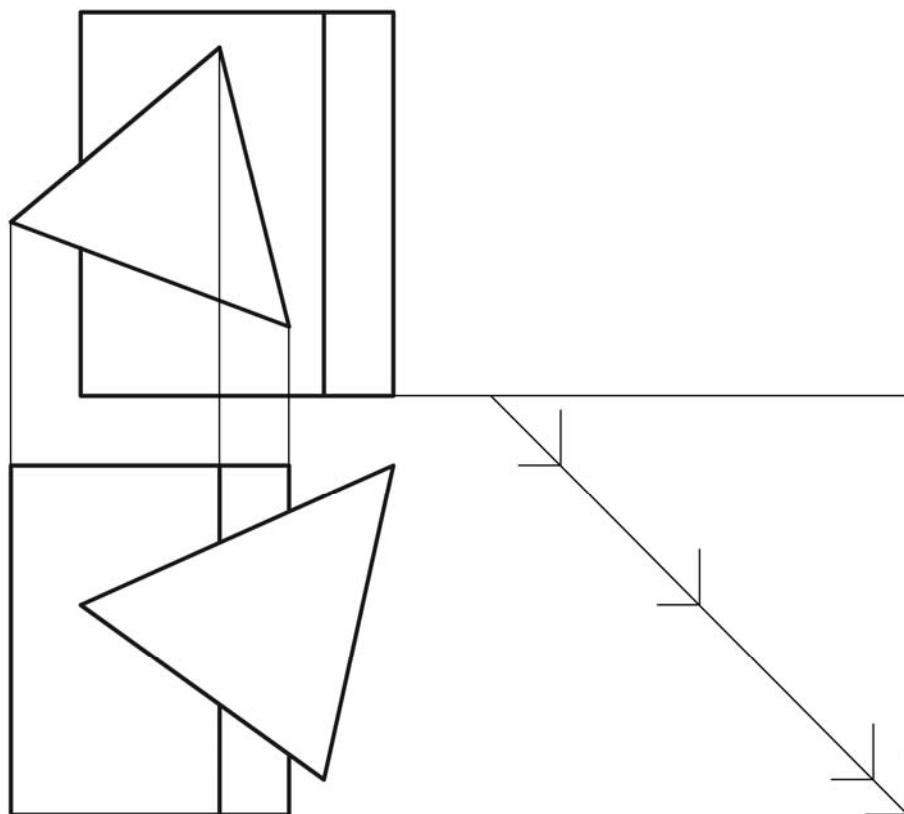
Задача 6.5

Построить точки пересечения прямой AB с поверхностью цилиндра.



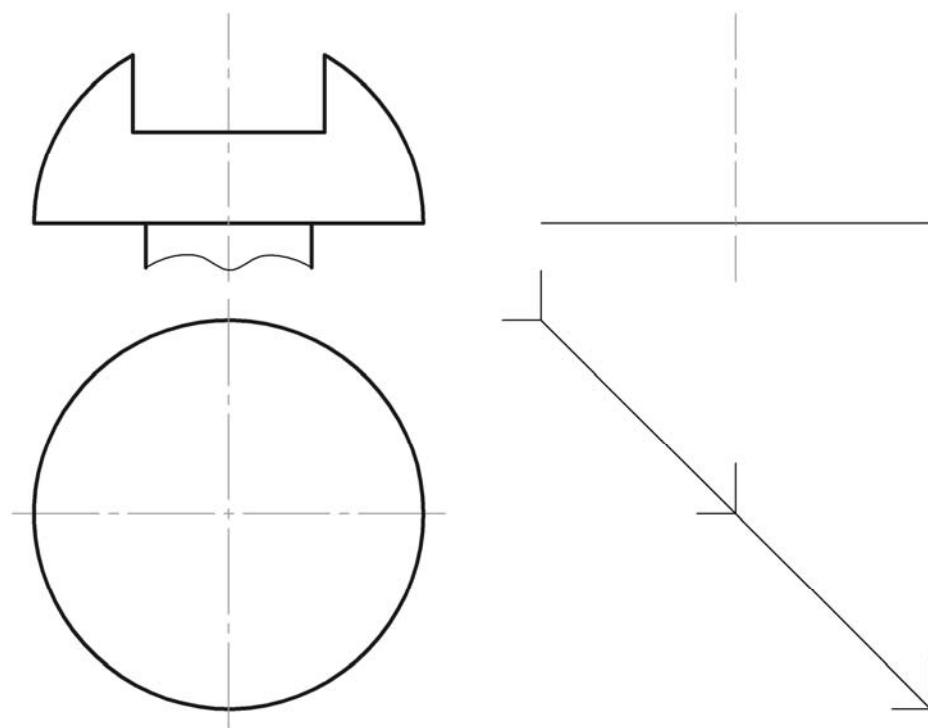
Задача 6.6

Построить профильную проекцию двух пересекающихся призм.



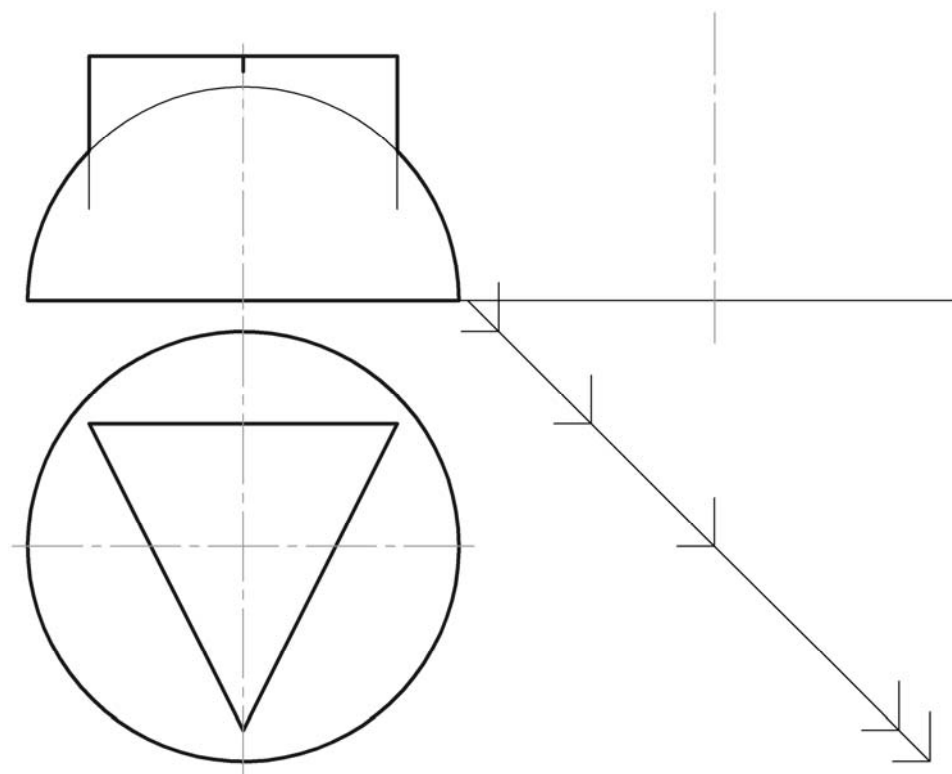
***Задача 6.7**

Построить горизонтальную и профильную проекции сферы со сквозным призматическим отверстием.



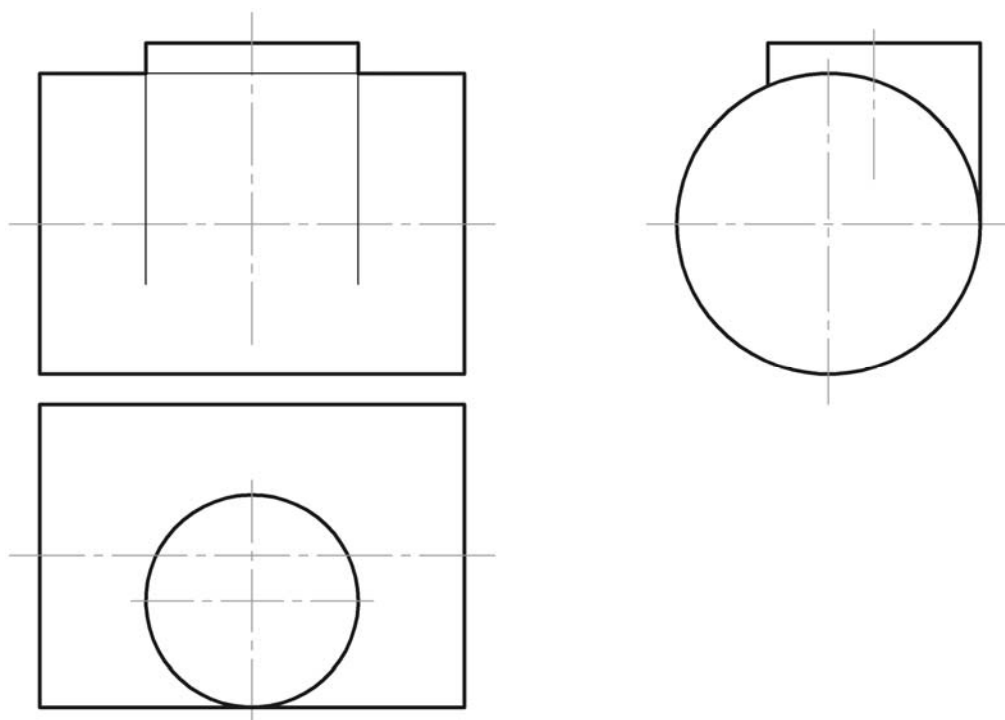
Задача 6.8

Построить горизонтальную и профильную проекции линии пересечения трехгранной призмы со сферой.



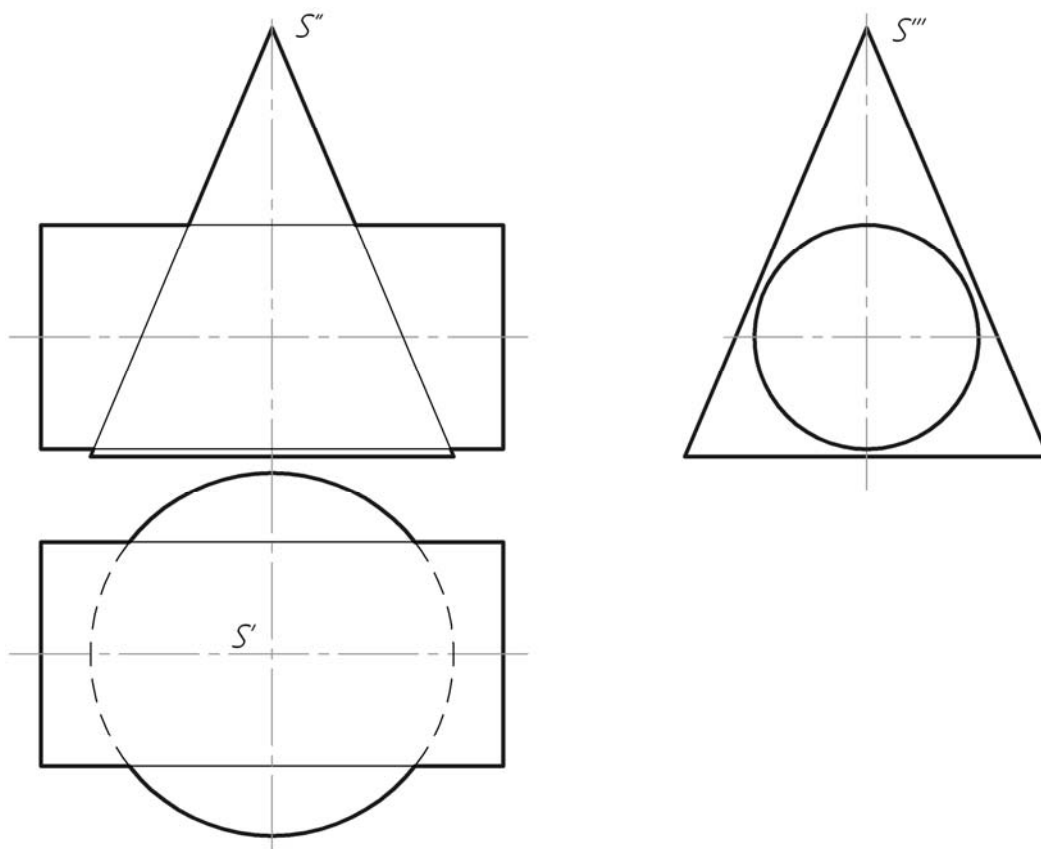
Задача 6.9

Построить проекции линии пересечения двух цилиндров.



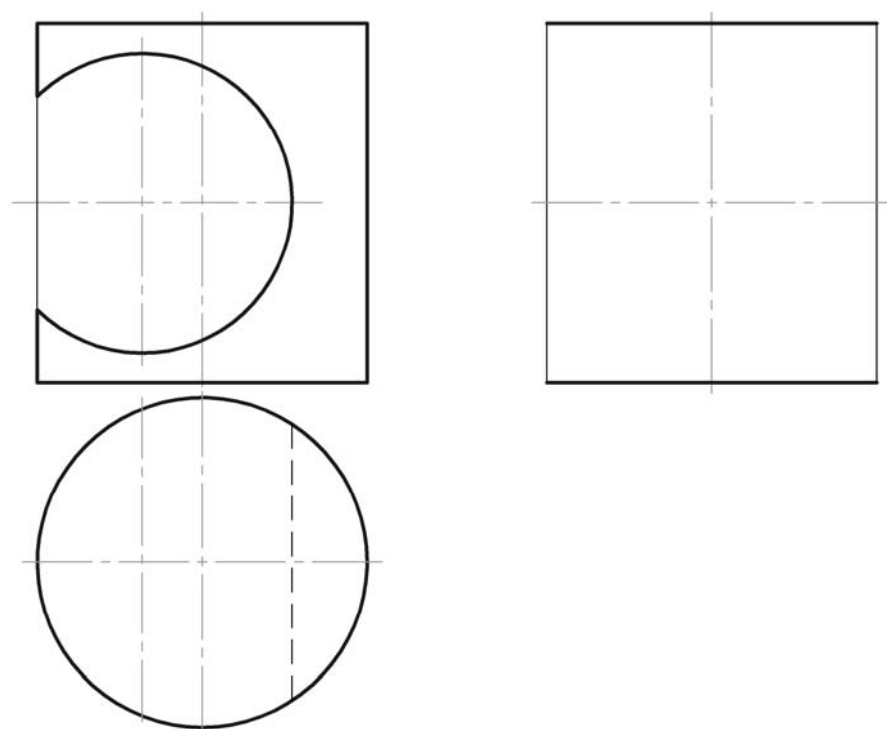
Задача 6.10

Построить проекции линии пересечения конуса с цилиндром.



***Задача 6.11**

Построить профильную проекцию цилиндра со сквозным цилиндрическим отверстием.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой линия пересечения многогранников?
2. В каком случае при пересечении многогранников получается проникание, врезание?
3. В чем заключается способ ребер и способ граней?
4. В какой последовательности соединяются точки пересечения ребер и граней многогранников?
5. Как определяется видимость линии пересечения многогранников?
6. В чем заключается общий способ построения линии пересечения одной поверхности другой?
7. Как подбирают положение вспомогательных секущих плоскостей при пересечении поверхностей вращения?
8. Какие точки пересечения называются опорными (характерными)?
9. По каким линиям пересекаются между собой:
 - а) цилиндры с параллельными осями;
 - б) конусы с общей вершиной?

Занятие 7

АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Пояснения

Для наглядного изображения расположенных в пространстве точек, линий, плоскостей, многогранников, поверхностей вращения и т. п. используются аксонометрические проекции (определение аксонометрии приведено в словаре терминов).

Сущность метода параллельного аксонометрического проецирования заключается в том, что объект относят к некоторой системе координат и затем проецируют параллельными лучами на плоскость вместе с координатной системой.

Если направление проецирования перпендикулярно аксонометрической плоскости, то такую аксонометрическую проекцию называют *прямоугольной*, если направление проецирования не перпендикулярно плоскости проекций, аксонометрическую проекцию называют *косоугольной*.

При проецировании отрезка оси координат на аксонометрическую плоскость его длина изменяется. Это изменение характеризуется *коэффициентом искажения*, представляющим собой отношение длины проекции отрезка оси на аксонометрической плоскости к его истинной длине.

В зависимости от соотношения коэффициентов искажения аксонометрические проекции могут быть:

- изометрическими, если коэффициенты искажения по всем трем осям равны между собой;
- диметрическими, если коэффициенты искажения по двум любым осям равны между собой, а по третьей – отличаются от первых двух.

И изометрические, и диметрические проекции могут быть как прямоугольными, так и косоугольными.

В конструкторской документации аксонометрические проекции стандартизованы в ГОСТ 2.317–2011 (взамен ГОСТ 2.317–69). Он предусматривает три частных вида аксонометрических проекций:

- ортогональная изометрия;
- ортогональная диметрия;
- фронтальная косоугольная диметрия.

В ортогональной изометрии все оси расположены под одинаковым углом друг к другу (120°), расчетные значения коэффициентов искажений равны 0,82. С целью упрощения построений приведенные коэффициенты искажений в соответствии со стандартом принимают равными единице.

В ортогональной диметрии оси расположены под разными углами. Угол между осями x и z составляет 97° , между осями y и z – 131° (ось z располагается вертикально). Коэффициенты искажений по осям x и z равны 1, по оси y – 0,5.

Во фронтальной косоугольной диметрии оси также расположены под разными углами. Угол между осями x и z составляет 90° , между осями y и z – 135° (ось z располагается вертикально). Коэффициенты искажений по осям x и z равны 1, по оси y – 0,5.

Наибольшее искажение при аксонометрическом проецировании получают окружности.

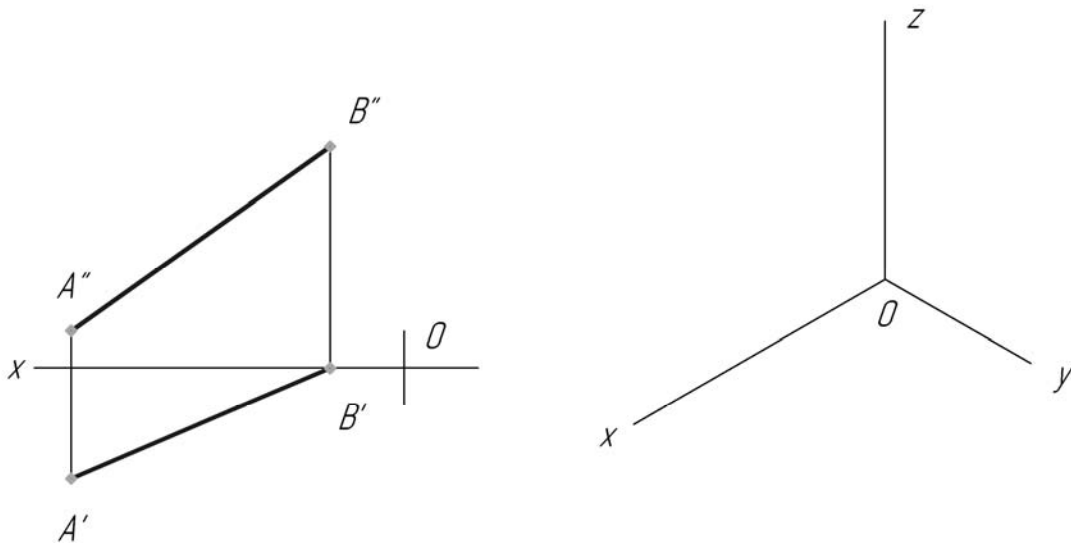
В ортогональной изометрии все окружности преобразуются в эллипсы. Большая ось эллипса равна $1,22d$, малая – $0,71d$, где d – диаметр исходной окружности.

В ортогональной диметрии окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость в виде эллипсов с осями $1,06d$ и $0,94d$, где d – диаметр исходной окружности. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям проекций, проецируются в эллипсы с осями 1,06 и 0,35 диаметра окружности.

Во фронтальной косоугольной диметрии окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость в виде окружности, т. е. не искажаются. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям проекций, проецируются в эллипсы. Большая ось эллипсов равна 1,07, малая ось – 0,33 диаметра окружности.

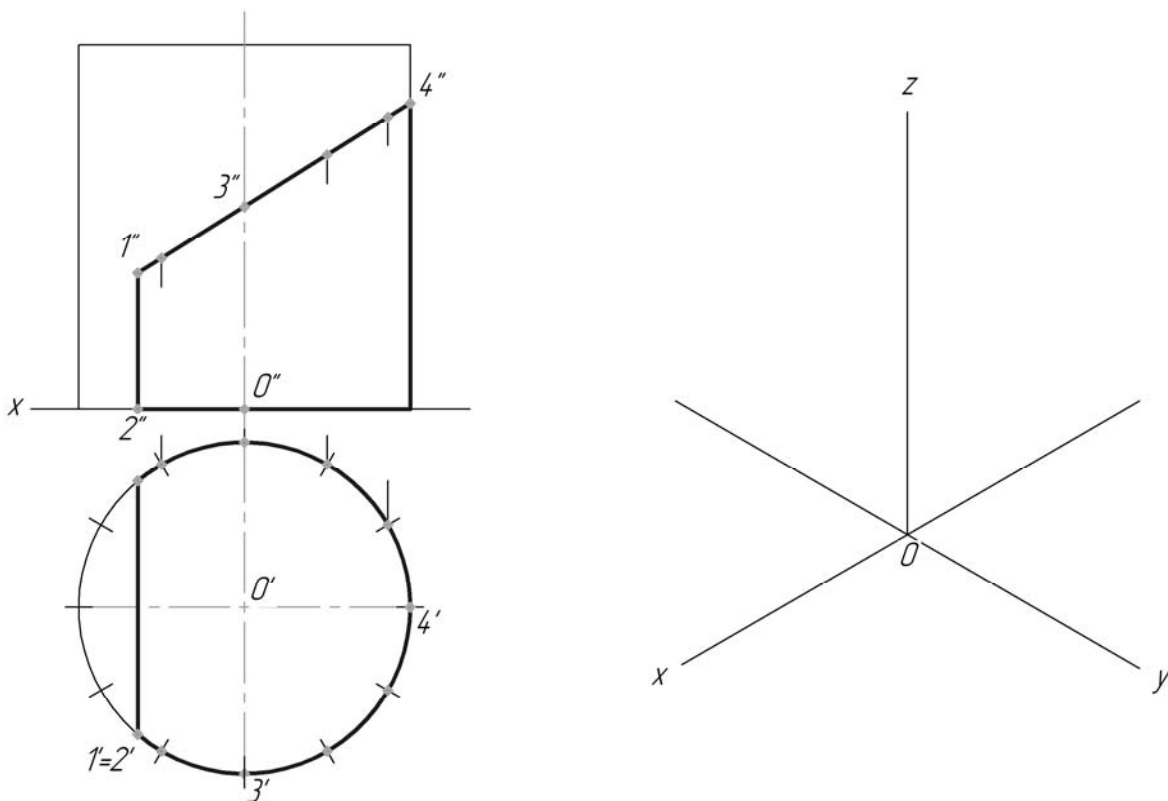
Задача 7.1

Построить прямоугольную изометрическую проекцию отрезка AB .



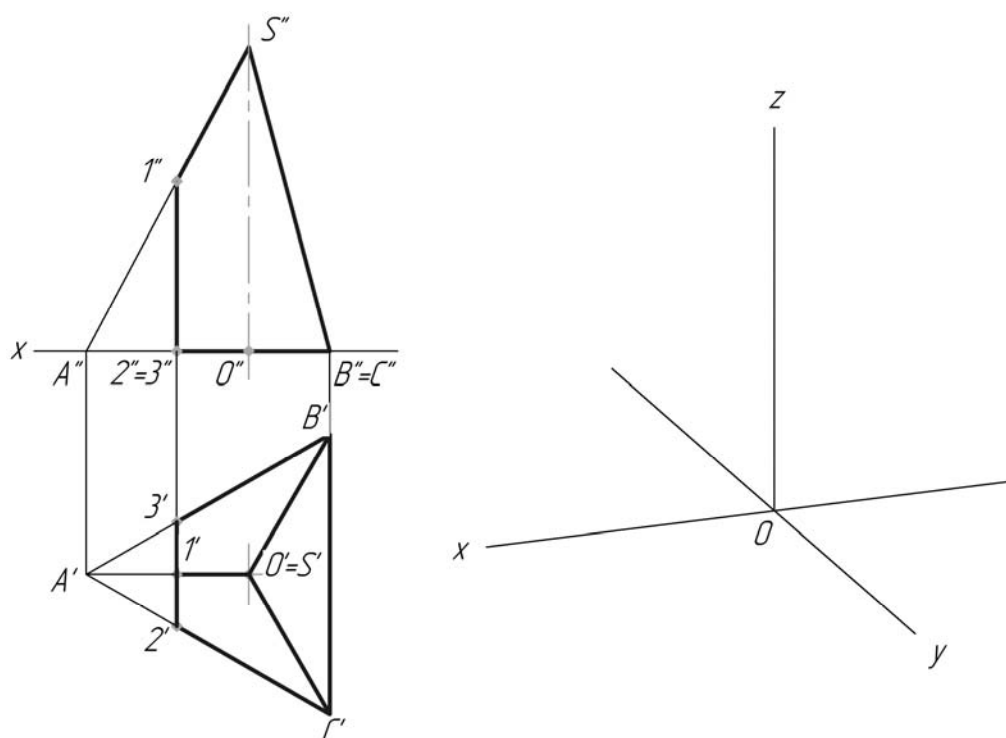
Задача 7.2

По заданному чертежу построить прямоугольную изометрическую проекцию усеченного цилиндра.



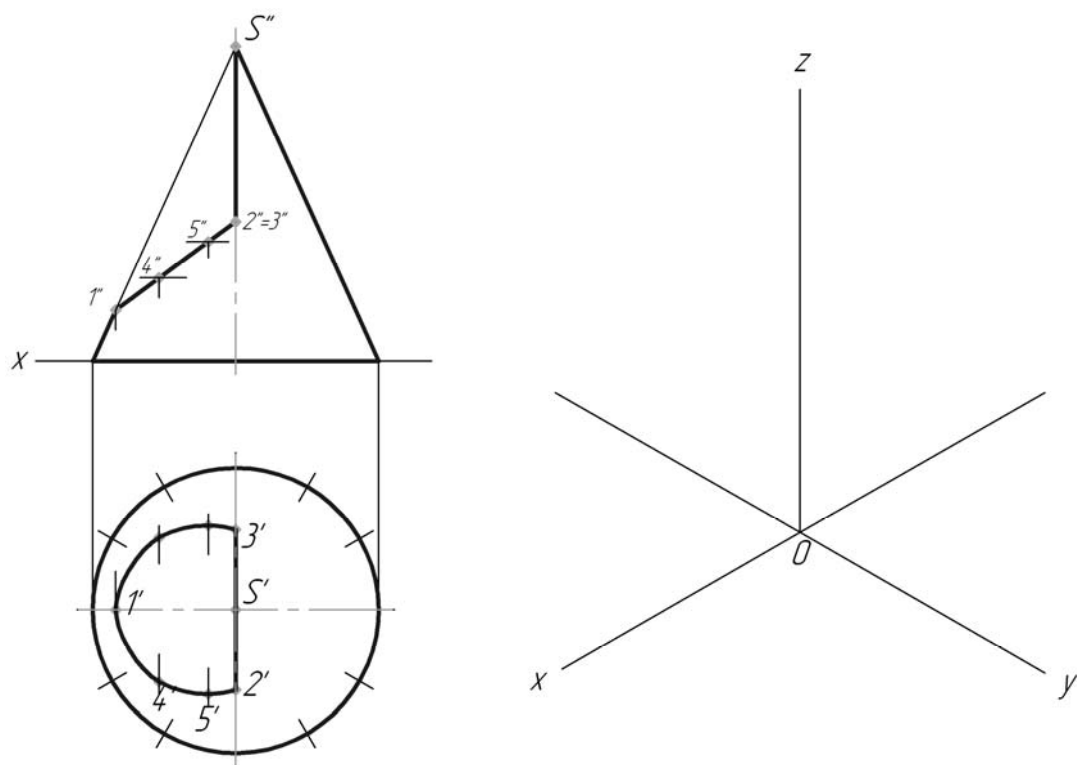
Задача 7.3

По заданному чертежу построить прямоугольную диметрическую проекцию пирамиды.



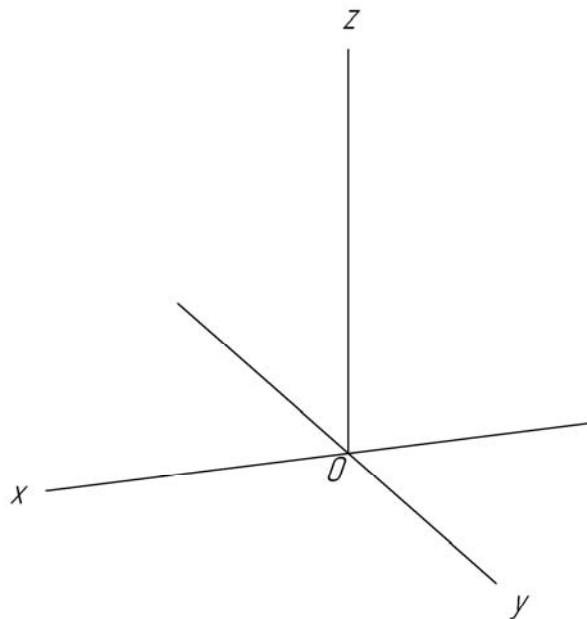
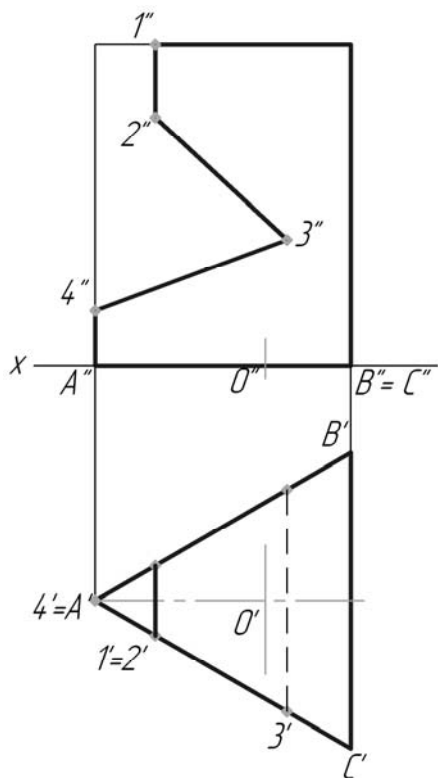
Задача 7.4

По заданному чертежу построить прямоугольную изометрическую проекцию усеченного конуса.



Задача 7.5

По заданному чертежу построить прямоугольную диметрическую проекцию пирамиды.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое аксонометрия?
2. Как получается аксонометрический чертеж?
3. Что называется коэффициентом искажения?
4. Какие виды аксонометрии вы знаете?
5. Как располагаются оси прямоугольной изометрии?
6. Чему равны натуральные и приведенные показатели искажения в прямоугольной изометрии, прямоугольной диметрии?
7. Как размещаются и чему равны оси эллипсов прямоугольной изометрии?
8. Как размещаются и чему равны оси эллипсов прямоугольной диметрии, косоугольной фронтальной диметрии?

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Аксонометрия (от древнегреч. «аксон» – ось, «метрио» – измеряю) – наглядное изображение предмета на чертеже, т. е. изображение предмета в трех измерениях. **Аксонметрические проекции** бывают **изометрическими** («изос» – одинаковый), **диметрическими** («ди» – двойной), **триметрическими**, а также **прямоугольными** и **косоугольными**.

Горизонталь – прямая, лежащая в плоскости и параллельная плоскости проекций π_1 .

Горизонтально проецирующая плоскость – плоскость, перпендикулярная плоскости проекций π_1 .

Коническая поверхность – это поверхность, образуемая движением прямой линии по некоторой кривой, проходящей через неподвижную точку, называемую вершиной конической поверхности.

Конкурирующие точки – пары точек, лежащих на проецирующих прямых.

Координаты точки – это числа, выражающие ее расстояния от трех взаимно перпендикулярных плоскостей, называемых плоскостями координат.

Косоугольная аксонметрическая проекция – проекция, когда направление проецирования не перпендикулярно плоскости проекций.

Кривая линия представляет собой траекторию движущейся точки на плоскости или в пространстве. Примеры плоских кривых – окружность, эллипс (кривая второго порядка); пример пространственной кривой – винтовая линия.

Кривая поверхность – совокупность всех последовательных положений некоторой перемещающейся в пространстве линии (**кинематический способ** задания поверхности).

Линейчатая поверхность образуется движением прямой линии, которая скользит по некоторой неподвижной линии, называемой *направляющей*. **Нелинейчатая поверхность** образуется движением *кривой линии* вдоль какой-либо направляющей.

Линия 1-го порядка – прямая, отрезок.

Линии уровня плоскости – прямые линии, лежащие в плоскости и параллельные плоскостям проекций.

Метод конкурирующих точек – метод использования конкурирующих точек для определения видимости элементов чертежа.

Метод Монжа – параллельные прямоугольные проекции на две взаимно перпендикулярные неподвижные плоскости проекций – основной метод составления технических чертежей.

Метод проекций – метод, которым в начертательной геометрии получают изображения на плоскости.

Многогранник – поверхность, состоящая из нескольких плоскостей, ограничивающая некоторое тело. В этом случае грани являются частями плоскостей. Изображение многогранника сводится к изображению его ребер, т. е. линий пересечения граней, и вершин – точек пересечения ребер.

Начертательная геометрия – наука о методах построения изображений пространственных форм на плоскости. В начертательной геометрии излагаются способы графического решения задач, содержащих объекты в трехмерном пространстве, на плоском чертеже.

Плоскость – совокупность всех прямых, проходящих через неподвижную точку и пересекающих в пространстве некоторую неподвижную прямую линию.

Плоскость общего положения – не перпендикулярная ни одной из плоскостей проекций.

Плоскость уровня – плоскость, параллельная одной из плоскостей проекций (горизонтальная плоскость уровня и т. д.).

Плоскости параллельны друг другу, если две пересекающиеся прямые одной плоскости параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости.

Поверхность вращения получается вращением какой-либо *образующей линии* вокруг неподвижной прямой – *оси поверхности*.

Проецирующая плоскость – плоскость, перпендикулярная плоскости проекций (фронтально-проецирующая и т. д.).

Проецирующий луч – прямая, проходящая через центр проекций и проецируемую точку.

Проецирующие прямые – прямые, перпендикулярные плоскостям проекций (горизонтально-проецирующие и т. д.).

Профильная прямая – прямая, лежащая в плоскости и параллельная плоскости проекций π_3 .

Профильная плоскость – плоскость, перпендикулярная плоскостям π_1 и π_2 , т. е. параллельная π_3 .

Прямая общего положения – прямая, не параллельная ни одной из плоскостей проекций.

Прямая частного положения – прямая, параллельная одной из плоскостей проекций или двум плоскостям проекций, т. е. перпендикулярная третьей.

Прямоугольная аксонометрическая проекция – проекция, когда направление проецирования перпендикулярно аксонометрической плоскости проекций.

Прямоугольная (ортогональная) проекция точки – основание перпендикуляра, проведенного из точки на плоскость проекций.

Ортогональные проекции двух взаимно перпендикулярных прямых, одна из которых параллельна плоскости проекций, а другая не перпендикулярна ей, взаимно перпендикулярны.

Если **прямые пересекаются**, то их одноименные проекции пересекаются между собой, а проекции точек пересечения лежат на одной линии связи.

Если в пространстве **прямые параллельны**, то их одноименные проекции параллельны между собой.

Если в пространстве **прямые скрещиваются**, то их одноименные проекции пересекаются между собой, но проекции точек пересечения не лежат на одной линии связи.

Прямая параллельна плоскости, если она параллельна прямой, лежащей в этой плоскости.

Прямая перпендикулярна плоскости, если она перпендикулярна любой прямой, лежащей в этой плоскости. На чертеже *горизонтальная проекция перпендикуляра* перпендикулярна *горизонтали* плоскости, а *фронтальная проекция* этого перпендикуляра перпендикулярна *фронталу* плоскости.

Прямая принадлежит плоскости, если она проходит через две точки, принадлежащие плоскости, или через одну точку этой плоскости параллельно прямой, лежащей в этой плоскости или ей параллельной.

Разверткой поверхности какого-либо тела называется фигура, полученная совмещением поверхности этого тела с плоскостью чертежа.

Расстояние от точки до плоскости равно длине перпендикуляра, опущенного из точки на эту плоскость.

Расстояние между параллельными прямыми измеряется длиной перпендикуляра, опущенного из произвольной точки одной прямой на другую.

Расстояние между скрещивающимися прямыми линиями определяется отрезком прямой, перпендикулярной обеим прямым.

Расстояние между параллельными плоскостями измеряется длиной перпендикуляра, опущенного из любой точки одной плоскости на другую.

След плоскости – прямая, по которой некоторая плоскость пересекает плоскость проекций.

След прямой – точка пересечения прямой с плоскостью проекций. M – горизонтальный след прямой; N – фронтальный след прямой.

Способ аксонометрического проецирования состоит в том, что данная фигура вместе с осями прямоугольных координат, к которым она отнесена в пространстве, проецируется параллельно на некоторую плоскость.

Способ вспомогательных секущих плоскостей используется для определения линии пересечения двух плоскостей, точки пересечения прямой и плоскости, построения линии пересечения многогранников и поверхностей вращения.

Способ вспомогательных секущих сфер применяется для построения линии пересечения поверхностей вращения, оси вращения которых лежат в одной плоскости.

Способ замены плоскостей проекций – введение новой дополнительной плоскости проекций, расположенной параллельно или перпендикулярно выбранному объекту. При этом новая плоскость проекций обязательно должна быть перпендикулярна одной из имеющихся плоскостей проекций.

Способ плоскопараллельного перемещения – преобразование плоскости (прямой) общего положения в плоскость (прямую) уровня. Перемещение всех точек фигуры выполняется параллельно одной из плоскостей проекций. Способ позволяет получить натуральную величину плоской фигуры.

Угол между двумя пересекающимися прямыми линиями проецируется без искажения на плоскость, параллельную плоскости угла.

Угол между двумя скрещивающимися прямыми линиями измеряется углом между двумя пересекающимися прямыми, параллельными данным скрещивающимся прямым.

Угол между прямой линией и плоскостью измеряется углом между прямой и проекцией ее на этой плоскости.

Угол между двумя плоскостями является двугранным.

Фронталь – прямая, лежащая в плоскости и параллельная плоскости проекций π_2 .

Фронтальная плоскость – плоскость, перпендикулярная плоскостям проекций π_1 и π_3 , т. е. параллельная π_2 .

Центр проецирования – точка – источник проецирующих лучей.

Центральная проекция заданной точки – точка пересечения прямой с плоскостью проекций.

Центральное проецирование – проецирование, когда все проецирующие лучи исходят из собственной точки (точки, находящейся в обозримом пространстве).

Цилиндрическая поверхность – это поверхность, образуемая прямой линией, перемещающейся в пространстве по некоторой неподвижной кривой, оставаясь параллельной заданному направлению.

Эпюр (с фр. «чертеж») – изображение объекта, полученное в результате поворота горизонтальной плоскости проекций π_1 на угол 90° до совмещения с фронтальной плоскостью проекций π_2 .

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Занятие 1 ПРОЕКЦИЯ ТОЧКИ И ПРЯМОЙ. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ТОЧКИ И ПРЯМОЙ. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ДВУХ ПРЯМЫХ	4
Занятие 2 ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ДВУХ ПРЯМЫХ. КОМПЛЕКСНЫЙ ЧЕРТЕЖ ПЛОСКОСТИ. ПРЯМАЯ И ТОЧКА В ПЛОСКОСТИ. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ДВУХ ПЛОСКОСТЕЙ	8
Занятие 3 ПАРАЛЛЕЛЬНОСТЬ ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ. СПОСОБ ЗАМЕНЫ ПЛОСКОСТЕЙ ПРОЕКЦИЙ. СПОСОБ ВРАЩЕНИЯ. ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ	12
Занятие 4 МНОГОГРАННИКИ. ЛИНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ МНОГОГРАННИКА. СЕЧЕНИЕ МНОГОГРАННИКОВ ПЛОСКОСТЯМИ. РАЗВЕРТКА МНОГОГРАННИКОВ	16
Занятие 5 ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ. ЛИНИИ НА ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ. СЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ ПЛОСКОСТЯМИ. РАЗВЕРТКА ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ	21
Занятие 6 ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПРЯМОЙ ЛИНИИ С МНОГОГРАННИКАМИ И ПОВЕРХНОСТЯМИ ВРАЩЕНИЯ. ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ	26
Занятие 7 АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ	32
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ	36

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Составители:

Калтыгин Александр Львович
Бобрович Владимир Аркадьевич
Войтеховский Борис Викторович
Рашупкин Сергей Вячеславович

Редактор *Ю. А. Ирхина*
Компьютерная верстка *Е. В. Ильченко*
Корректор *Ю. А. Ирхина*

Подписано в печать 31.05.2013. Формат 60×84 ¹/₈.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 4,7. Уч.-изд. л. 2,4.
Тираж 250 экз. Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.